

# **R & D PUBLIQUE, R & D PRIVÉE ET EFFICACITÉ DU PROCESSUS D'INNOVATION : QUELLES PERSPECTIVES ?**

---

Étude réalisée par  
Marc Baudry et Béatrice Dumont  
université de Rennes-I, CREM-CNRS  
pour le groupe de projet *Piéta*

La notion de propriété a toujours été l'objet de controverses idéologiques et politiques. Quand il réforme les programmes d'instruction civique du collège avec Luc Ferry, François Bayrou introduit judicieusement un programme spécifique sur les droits de l'Homme. Mais il exclut de cet enseignement la notion de propriété pourtant bien inscrite dans la Déclaration historique. Il craint que les enseignants résistent à expliciter cet aspect des droits de tout homme.

Dès lors que le Plan a pour objet la prospective de l'État stratège, la notion de propriété le concerne directement. En effet, la transformation de la simple possession (acte *de facto*) en propriété (acte *de jure*), implique une reconnaissance du droit qui repose sur une législation mise en place par l'État selon ses procédures constitutionnelles. D'ailleurs, nous avons pu constater, lors des processus de nationalisation ou de privatisation, la vigilance du Conseil Constitutionnel sur cette notion de propriété. En effet, cette notion, surtout après l'échec des pays communistes, paraît bien comme au fondement même de nos libertés. La propriété, c'est la reconnaissance de ce qui m'est propre. La sphère privée repose sur le respect de la propriété dans les limites d'un intérêt général qui ne peut attenter aux libertés privées reconnues par notre Constitution.

Pendant des décennies, les débats publics se sont concentrés autour de la propriété privée ou de l'appropriation collective des moyens de production. Ils ne sont pas achevés et trouvent encore quelques objets de polémique. Les lignes de fracture restent très politiques. Mais dans l'«économie de la connaissance» qui marque notre siècle – et sur laquelle le Plan a produit de nombreux textes –, les débats se sont déplacés. La propriété intellec-

tuelle se situe au cœur des débats sans qu'une ligne de fracture politique soit aussi aisément identifiable.

Nommé Commissaire au Plan, je suggère à chaque expert de cette maison de proposer des objets d'avenir aux groupes de projet que nous lançons dans le cadre d'une nouvelle organisation. Rémi Lallement propose un groupe de projet sur *l'État et la propriété intellectuelle*. L'idée nous a immédiatement semblé pertinente et excellente. En effet, l'État est directement concerné tandis que l'Europe et les régions sont également impliquées, que ce soit par les directives qui s'imposent aux États membres ou par les appellations régionales qui relèvent directement des questions de propriété intellectuelle.

Quelquefois, quelques technologues avancés exaltent la transmission des idées sur le thème suivant : "Notre société est une économie de la connaissance, c'est merveilleux. Quand on donne un verre d'eau, on perd le verre d'eau. Quand on échange une idée, on garde son idée tout en la partageant". Rien de plus faux. Les idées, les textes, les projets, les images, les discours, les sons, les concepts constituent aujourd'hui la richesse principale d'un homme, d'une entreprise ou d'un État. Le rêve d'un échange gratuit est une utopie dangereuse car elle menace nos libertés élémentaires.

On argue souvent que la diffusion de tous ces éléments immatériels est une garantie d'égalité, on presse les laboratoires pharmaceutiques d'offrir leurs brevets, on veut photocopier et dupliquer à l'envi, sous prétexte d'usages sociaux, de diffusion pour tous, d'accès universel. Mais ces désirs sont des revendications de court terme. L'exigence d'expropriation universelle qui s'exprime ainsi est fondamentale-

ment dangereuse. Elle l'est pour nos libertés mais aussi pour nos capacités d'innovation et de création. Un enseignant bien intentionné sera toujours porté à montrer à ses élèves un grand film utile pour leur culture ou à photocopier des textes nécessaires pour leur formation. Mais l'enfer est pavé de mauvaises intentions. La bonne foi des uns ne peut tuer la créativité et l'innovation des autres.

C'est pourquoi nous devons, au Plan, travailler sur les questions de proprié-

té intellectuelle et sur leur devenir. L'État est au cœur des processus, des décisions et des intérêts contradictoires. La question de l'intérêt général justifie son intervention. Elle doit toujours être pensée dans le temps long et non dans les urgences d'un service immédiat. La tâche n'est pas aisée. Mais l'État doit convaincre, s'expliquer, c'est-à-dire communiquer.

**Alain Etchegoyen**

La présente étude a été effectuée à la demande du groupe de projet *Piéta* (Prospective de la propriété intellectuelle pour l'État stratège). Lancé au Plan au second semestre 2003, ce groupe a choisi d'explorer les perspectives d'évolution du système de propriété intellectuelle, pour la France, d'ici 2020. Au-delà de l'identification des enjeux sous-jacents et des principaux scénarios susceptibles d'advenir au cours des quinze prochaines années, il s'agit de la sorte d'alerter les pouvoirs publics sur la nécessité de définir et mener à bien une stratégie cohérente, en la matière, et de lui présenter les options de politique publique les plus appropriées, dans ces différents scénarios.

Forcément juridique, par bien des aspects, l'approche retenue par ce groupe emprunte également à d'autres disciplines, dont principalement les sciences économiques ou, si l'on préfère, l'économie politique. Elle découle de la conviction que, pour la France comme pour tout pays comparable, la propriété intellectuelle constitue un instrument crucial pour une insertion réussie dans le contexte mondial de ce qu'il est convenu d'appeler l'économie (et la société) du savoir.

À cet égard, de toute évidence, les questions de recherche et développement (R & D) constituent un champ d'investigation privilégié. Sachant qu'au sommet de Lisbonne, en mars 2000, l'Union européenne s'est donné l'objectif ambitieux de "devenir l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique", la question se pose en particulier de savoir où en est la France par rapport à ses principaux pays partenaires, sur ce plan. Plus précisément, il s'agit d'apprécier dans quelle mesure il convient de modifier le partage de cet effort de R & D, entre le secteur public et le secteur privé.

Parmi les interrogations majeures qui se posent, à ce propos, figure aussi celle des indicateurs de performance pertinents. Or il est bien clair que les données de brevet ne sauraient constituer l'unique référence en la matière.

En effet, certaines inventions ou certains résultats issus des activités de R & D ne sont pas brevetables. Au sein même de la propriété intellectuelle, d'autres outils s'imposent ainsi parfois, dont les droits d'auteur, dans un domaine comme celui des logiciels informatiques (tout du moins en Europe) ou encore les certificats d'obtention végétale (COV), dans le domaine de l'agronomie. Pour les entreprises, en outre, des méthodes de protection ne relevant pas strictement de la propriété intellectuelle peuvent être préférées, dont le secret des affaires ou l'avance technologique sur les concurrents. Les organismes publics (d'enseignement et) de recherche, de même, peuvent parfois préférer diffuser certains de leurs résultats par la voie de publications – c'est-à-dire en alimentant le domaine public – plutôt que par celle des brevets, qui divulguent, certes, ces résultats mais en réservent l'exploitation industrielle et commerciale aux seuls ayants droit ou à ceux qui peuvent y être autorisés par ces derniers, moyennant des licences.

Dans certains cas, à l'inverse, certaines inventions brevetées ne sont pas exploitées. Elles ne débouchent alors pas sur une véritable innovation au sens de l'OCDE et d'Eurostat (manuel dit d'Oslo), c'est-à-dire n'aboutissent pas à la mise en œuvre du nouveau savoir technologique considéré, que ce soit à travers une introduction sur le marché (innovation de produit) ou dans le processus de production (innovation de procédé). Plus généralement, l'innovation n'est *a priori* pas seulement technologique car, dans certains secteurs, elle passe aussi – ou

même parfois davantage – par l’innovation organisationnelle. Malgré ces réserves, il est en général considéré que les données de brevet figurent parmi les critères les plus fiables pour juger de la capacité d’innovation (technologique) d’une région ou d’un pays, de même que les publications renseignent globalement le mieux sur ses performances scientifiques.

Dans cette perspective et malgré les limites des données qu’elle utilise, l’étude de Béatrice Dumont et Marc Baudry propose une approche pertinente et instructive. Elle analyse l’efficacité comparée du processus d’innovation

à l’œuvre dans différents pays, en mettant l’effort total de R & D consenti par le secteur public et par le secteur privé en rapport avec le nombre de brevets sur lequel il débouche. Il convient enfin de préciser que si la présente étude a été discutée au sein du groupe *Piéta* et a ainsi contribué à ses réflexions, elle n’engage a priori que ses auteurs.

**Rémi Lallement,**  
Chef du groupe  
de projet *Piéta*

# SOMMAIRE

---

<b>RÉSUMÉ</b>	11
<b>INTRODUCTION</b>	13
<b>CHAPITRE PREMIER</b> Analyse factuelle des performances d'innovation	15
<b>CHAPITRE 2</b> Méthodologie et construction de la base de données	23
1. La démarche adoptée	23
2. Critères de sélection de l'échantillon retenu	23
<b>CHAPITRE 3</b> Principaux résultats	27
1. Les effets fixes des pays	27
2. L'arbitrage optimal R & D publique – R & D privée	28
<b>CHAPITRE 4</b> Biais structurel	33
<b>CONCLUSION</b>	37
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	39
<b>ANNEXE 1</b> Spécification du modèle de comptage	41
<b>ANNEXE 2</b> Les indices d'efficacité allocative et de performance	45
<b>ANNEXE 3</b> Notes	49

## RÉSUMÉ

---

L'idée d'un manque de performance de la France, et de certains pays européens, en matière d'innovation est régulièrement avancée. Partant de là, il existe un certain consensus sur le fait que la France et les États membres de l'Union doivent renforcer leur effort en matière de dépenses de R & D, facteur essentiel du processus d'innovation. Cette analyse fait pourtant l'impasse sur un point essentiel : le niveau de l'effort n'est pas une mesure de la performance. Il convient donc de s'interroger sur le lien entre niveau d'effort de R & D, tant public que privé, et rythme d'innovation entre pays. Deux questions se posent plus particulièrement. Tout d'abord, à efforts identiques, quels pays obtiendraient les plus hauts niveaux d'innovation ? Ensuite, pour augmenter la performance d'un pays, faut-il privilégier une hausse de son niveau global d'effort ou plutôt une meilleure allocation entre dépenses publiques et privées à effort global inchangé ?

Afin de répondre à ces interrogations, la présente étude cherche, dans un premier temps, à établir le lien statistique existant au niveau national entre, d'une part, l'effort de R & D publique et privée et, d'autre part, la performance en matière d'innovation

telle que mesurée à travers le nombre de brevets triadiques déposés par pays. La démarche s'appuie sur l'estimation d'une "fonction de production d'innovations" à partir de données de panel relatives aux pays de l'OCDE et à l'aide de l'économétrie des variables de comptage. Elle permet notamment de comparer les performances nationales en faisant "comme si" les niveaux d'efforts étaient identiques. Dans un second temps, l'étude cherche à exploiter le plus ou moins grand degré de substituabilité entre R & D publique et R & D privée mis en évidence à partir des résultats de la première étape afin d'établir quelle est la clé de répartition optimale de l'effort entre ces deux types de R & D dans le cas de la France.

Il ressort de cette étude que la France n'est pas moins performante que les États-Unis en matière d'innovation. Plutôt que de mettre l'accent sur une augmentation de son effort global, elle gagnerait donc à le rééquilibrer en faveur de la R & D du secteur privé, ainsi qu'à mieux tirer la leçon des facteurs institutionnels, culturels ou organisationnels qui font la force des vrais "champions" de l'innovation, les pays d'Europe du Nord.

## INTRODUCTION

---

- Les notes sont renvoyées en fin d'ouvrage

Le manque de performance de la France, et plus généralement de certains pays européens, en matière d'innovation, est régulièrement souligné. Partant de ce constat, il existe un certain consensus sur le fait que les États-membres de l'Union européenne, doivent renforcer leurs efforts en matière de recherche et développement (R & D), <sup>1</sup> facteur essentiel du processus d'innovation. La question quant à l'orientation à donner à cet effort reste néanmoins posée : faut-il ou non procéder à un rééquilibrage entre effort de R & D publique et effort de R & D privée ? Si oui, dans quel sens ? Et avec quelle amplitude ?

Pour tenter d'apporter des éléments de réponses à ces questions, la présente étude cherche à établir le lien statistique existant au niveau national entre, d'une part, l'effort de R & D publique et privée et, d'autre part, la performance en matière d'innovation telle que mesurée à travers le nombre de brevets triadiques <sup>2</sup> déposés par pays. Le choix de travailler à partir de ces "familles de brevets" triadiques se justifie par le fait que ces derniers sont, a priori, ceux qui présentent la plus grande valeur pour les firmes, mais aussi ceux qui, a fortiori, sont les plus à mêmes de renforcer la compétitivité des firmes <sup>3</sup> et donc de relancer la croissance <sup>4</sup>.

La démarche adoptée s'appuie sur l'estimation d'une "fonction de production d'innovations" à partir de données de panel relatives aux pays de l'OCDE et à l'aide de l'économétrie des variables de comptage. Une attention particulière est portée à la construction d'un modèle estimable sur données macro-économiques mais cohérent avec la nature essentiellement micro-économique du processus d'innovation. L'objectif est tout d'abord de construire un indicateur de performance du processus d'innova-

tion pour comparer l'efficacité des systèmes nationaux d'innovation à effort équivalent et ainsi évaluer l'importance des facteurs autres que l'effort proprement dit de R & D. Il s'agit ensuite de quantifier, en terme de nombre d'innovations, l'effet à attendre d'une hausse des dépenses de R & D privées et/ou publiques.

Une fois le lien statistique entre efforts privés et publics de R & D et le rythme d'innovation établi, on cherchera à exploiter le plus ou moins grand degré de substituabilité entre R & D publique et R & D privée pour déterminer la clé de répartition optimale entre ces deux types d'efforts. L'objectif sera plus particulièrement d'évaluer dans quelle mesure la situation actuelle est éloignée de la répartition optimale afin de juger de la pertinence de la stratégie adoptée. Dans ce but, il sera fait appel aux techniques usuelles de mesure de l'efficacité allocative des choix dans les processus de production.

L'étude s'appuie sur une analyse factuelle fine des performances d'innovation des États membres de l'Union européenne et de ses principaux partenaires commerciaux (*chapitre Premier*). Les choix effectués en matière de collecte des données, de même que le modèle économétrique permettant d'appréhender le lien entre l'effort de R & D et ses résultats en terme de dépôt de brevets triadiques sont détaillés et discutés. Le modèle s'appuie sur l'estimation d'une fonction de production d'innovations sous forme d'un processus de type Poisson, dans l'esprit des travaux pionniers de Hausmann, Hall et Griliches (1984) pour les États-Unis ou Crépon et Duguet (1997) pour la France. L'originalité de la présente étude par rapport aux travaux précédemment mentionnés réside dans l'emploi de données couvrant plusieurs pays et,



par suite, dans la mise en œuvre d'un test d'existence de spécificités nationales dans le processus de production d'innovations (*chapitre 2*). Après avoir présenté les principaux résultats (*chapitre 3*), un certain nombre de précautions d'usage seront cependant soulignées. Dans ce contexte, la question

des biais structurels sera plus particulièrement étudiée (*chapitre 4*). Enfin, quelques éléments de réflexion sur le caractère suffisant ou non des objectifs de Lisbonne, mais aussi sur les orientations souhaitables en matière de politique d'innovation seront proposés (*conclusion*).

## CHAPITRE PREMIER

### Analyse factuelle des performances d'innovation

Lors du sommet de Barcelone en mars 2002, les gouvernements européens ont réaffirmé leur volonté, prise lors du sommet de Lisbonne en 2000, de *“devenir l'économie de la connaissance la plus compétitive du monde, capable d'une croissance économique durable accompagnée d'une amélioration quantitative et qualitative de l'emploi et d'une plus grande cohésion sociale”*. Ces déclarations, pour ambitieuses qu'elles puissent paraître, sont pourtant loin d'être anodines puisque leur concrétisation est supposée se traduire, selon la Commission européenne, par un accroissement annuel de 0,5 % du PIB après 2010 et par la création de 400 000 nouveaux emplois par an <sup>5</sup>.

Pourtant, à mi-parcours, les avancées sont lentes au point d'en paraître insignifiantes <sup>6</sup>. Les indicateurs structurels publiés par la Commission européenne (2004a) et Eurostat (2005a) montrent ainsi que l'objectif des 3 % du PIB consacré à la R & D d'ici à 2010 paraît hors d'atteinte. Partout les retards s'accumulent. Rapportées au PIB, les dépenses de R & D s'élevaient ainsi en 2003 à 2,76 % aux États-Unis et 3,12 % au Japon contre seulement 1,99 % au sein de l'Union européenne à 15 (1,93 % dans l'UE-25) <sup>7</sup>. Ces montants agrègent les dépenses publiques, privées, civiles et militaires affectées à la R & D. Ils atteignaient le total de 268 milliards d'euros pour les États-Unis (en 2003) contre 182,5 milliards d'euros pour l'Europe des 15 (186 milliards d'euros pour l'UE-25) et 131,7 milliards d'euros pour le Japon (données 2002). En 2003, les dépenses de R & D de l'Union européenne ont donc représenté environ 1,75 fois celles du Japon et environ deux tiers de celles des États-Unis <sup>8</sup>.

Comme toujours les chiffres disponibles ne reflètent qu'une partie de la réalité <sup>9</sup>. Mais si on se réfère aux indicateurs disponibles, une chose est sûre : l'Europe continue de perdre du

terrain face à ses principaux rivaux, les États-Unis et le Japon <sup>10</sup>. Ceci est d'autant plus préoccupant que la faiblesse de l'activité d'innovation apparaît incontestablement être l'un des facteurs clés expliquant les sous-performances de l'Union européenne en matière de croissance de la productivité <sup>11</sup>.

À l'évidence, les États membres de l'Union européenne doivent impérativement dynamiser leurs politiques en faveur de l'innovation s'ils veulent avoir la moindre chance d'améliorer leur compétitivité. Le *tableau n° 1* permet ainsi de vérifier que les pays européens qui, à l'instar de la Finlande ou de la Suède, sont réputés avoir des performances comparables, voire supérieures, à celles des États Unis en termes d'innovation et de compétitivité sont aussi ceux dont l'effort de R & D est le plus élevé, que ce soit en niveau ou en rythme de croissance <sup>12</sup>. Les pays scandinaves sont ainsi les seuls à atteindre les critères de Barcelone. En consacrant près de 3,51 % de son PIB à la R & D, la Finlande <sup>13</sup> fait donc mieux que les États-Unis, le Japon ou la France. Seule la Suède qui injecte 4,27 % de son PIB dans la R & D <sup>14</sup> surpasse la Finlande. Les nouveaux entrants sont quant à eux loin du compte. Les nouveaux États membres de l'Union européenne ont des performances en-dessous, voire très en-dessous des pourcentages européens. En moyenne, ces pays investissent 0,73 % de leur PIB dans la recherche (contre 1,99 % pour la moyenne de l'UE) et déposent entre 10 et 20 fois moins de brevets que les pays européens. La R & D dans les entreprises y est particulièrement faible. Dans ce contexte, quelques pays font cependant un peu mieux. C'est le cas de la Slovaquie dans la recherche publique et privée, de la République tchèque et des Républiques baltes. Les moins bien armés sont la Pologne, la Roumanie et la Bulgarie.

**Tableau n° 1**  
Intensité de R & D (dépenses de R & D en pourcentage du PIB)

Pays	Part du PIB investie en R & D (en %) en 2003	Objectifs (en %)	Part financée par le privé (en %) en 2002	Objectifs (en %)	Dépenses de R & D 2003 (millions d'euros courants)	Taux de croissance annuel moyen en termes réels (%) 1998-2003
EU-25	1,93 *	3,00	1,30 *	2	186 035 *	4,0
EU-15	1,99 *	3,00	1,30 *	2	182 488 *	4,3
Suède	4,27 **	Idem	3,30	–	10 459 **	9,1
Finlande	3,51	> 3,5 depuis 2002	2,39	–	5 007	6,9
Allemagne	2,50	3 (2010)	1,80	2 (2010)	53 200	2,7
France	2,19	3 (2010)	1,36	2 (2010)	34 122	2,4
Danemark	2,60	3 (2010)	1,8	2 (2010)	4 899	6,6
Pays-Bas	1,89 **	3 (2010)	1,10 **	–	8 090 **	1,9
Belgique	2,33	3 (2010)	1,60 **	–	6 236	6,2
Royaume-Uni	1,87	10 (jusqu'à 2006)	1,3	–	31 116 *	3,5
Autriche	2,19	3 (2010)	1,10	–	4 902	6,0
Irlande	1,12	2,8 (2006)	0,77**	2 (2006)	1 481	4,8
Italie	1,16*	1,75 (2006)	0,60 **	0,75 (2006)	14 600 *	3,8
Espagne	1,11	1,4-1,5 (2007)	0,60	0,8-0,9 (2007)	8 213	7,6
Portugal	0,79	1 (2003)	0,30 **	–	1 033	2,3
Grèce	0,64 **	1,5 (2010)	0,16 **	0,6 (2010)	841 **	1,7
Luxembourg	1,71 ***	–	1,6 ***	–	364 ***	–
Pologne	0,59	–	0,10 *	–	1 091	- 1,1
Hongrie	0,97	–	0,40 *	–	708	11,0
Estonie	0,77	–	0,20 *	–	62	11,6
Chypre	0,33	–	0,10 *	–	38	11,6
République tchèque	1,35	–	0,80 *	–	1 019	6,4
Lituanie	0,68	–	0,10 *	–	110	9,4
Lettonie	0,39	–	0,20 *	–	39	4,9
Slovénie	1,53	–	0,90 *	–	375	5,8
Slovaquie	0,57	–	0,40 *	–	164	- 2,7
Malte	–	–	–	–	–	–
Islande	3,09 *	–	1,8 *	–	280 *	14,5
Norvège	1,89	–	1,00 *	–	3 684	2,9
Suisse	2,6 *	–	1,9 ***	–	6 852 ***	–
Bulgarie	0,50	–	0,1 *	–	88	–
Roumanie	0,40	–	0,20 *	–	204	–
Chine	1,23 *	Sans objet	0,90 **	Sans objet	16 452 *	–
Japon	3,12 *	Sans objet	2,32	Sans objet	131 722 *	2,2
États-Unis	2,76	Sans objet	1,87 *	Sans objet	268 552	2,7

Source : Eurostat (2005) et OCDE (PIST 2004-1)

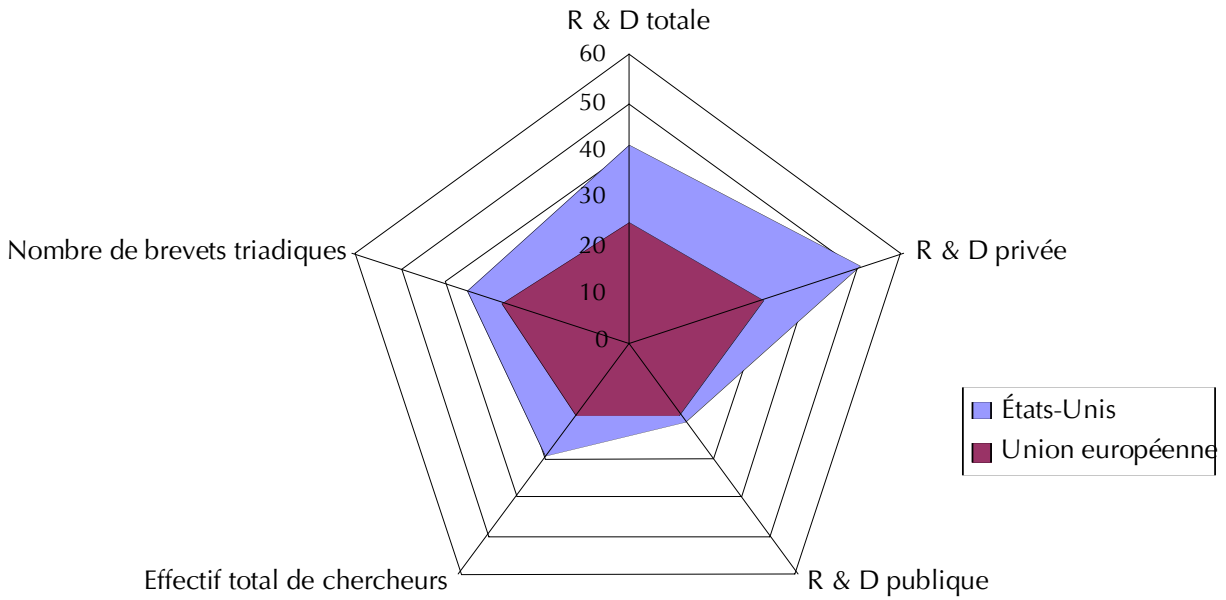
\* 2002 \*\* 2001 \*\*\* 2000 – données indisponibles

Si d'une manière générale, les États membres les moins performants semblent rattraper les pays les mieux classés, les résultats européens dans leur ensemble restent inférieurs aux meilleures performances mondiales en matière d'innovation. D'où vient le retard ? Manifestement, pas de l'État. Rapportée au PIB, sa part dans le financement de la recherche a atteint 0,69 % en moyenne dans l'UE-15 et 0,83 % en France en 2003. Partout ailleurs, l'État dépense moins, sauf en Islande (1,29 %), Finlande (1,12 %) et Suède (0,97 %). L'écart en ce qui concerne le financement public de la recherche étant minime entre l'Europe (0,69 %) et les États-Unis (0,89 %), les origines du décrochage européen sont donc à rechercher du côté de l'investissement privé. Les sommes engagées par les entreprises s'élevaient ainsi en 2002 à 1,3 % du PIB en Europe (1,36 % en France mais 2,39 % en Finlande et 3,3% en Suède) contre 1,87 % aux États-Unis et 2,32 % au Japon. Ce constat est confirmé par le *graphique n° 1*. Celui-ci montre ainsi que l'écart entre les États-Unis et l'Union européenne s'est creusé dans la deuxième moitié des années 1990, notamment pour l'effort privé de

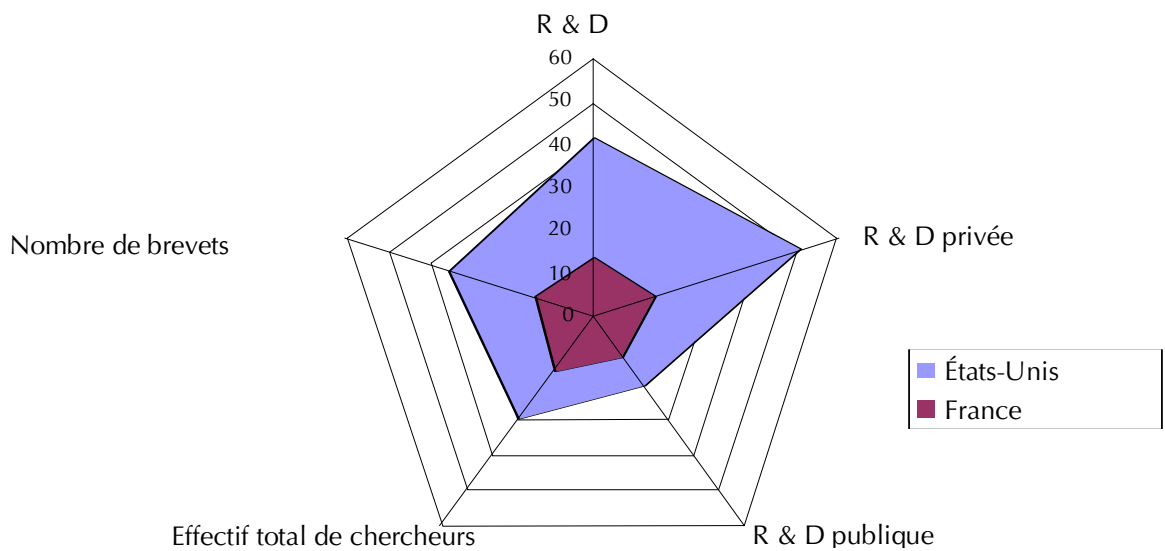
R & D (or celui-ci représente plus de 60 % des dépenses intérieures de R & D au sein de l'UE-25<sup>15</sup>). Ce même constat se retrouve avec le *graphique n° 2* lorsque l'on compare la France aux États-Unis<sup>16</sup>.

C'est donc du côté de l'investissement privé qu'il faut agir. La direction avait été d'ailleurs clairement donnée au sommet de Barcelone puisqu'il y avait été précisé que *“les deux tiers de ce nouvel investissement devraient venir du secteur privé”*. Or pour atteindre l'objectif fixé à Barcelone en 2002 de consacrer 3 % du PIB à la R & D à l'horizon 2010, dont deux tiers des dépenses de R & D assurées par le secteur privé, celles-ci devraient croître au taux annuel moyen de 8 %, à raison de 6 % de croissance pour les dépenses publiques et de 9 % pour les investissements privés (avec une hypothèse de croissance moyenne du PIB de 2 % par an). Manifestement l'effort demandé est important ; on peut toutefois s'interroger, compte tenu du retard pris, sur le caractère pertinent de ces objectifs pour remédier au manque de performance de l'UE en matière d'innovation, notamment par rapport aux États-Unis.

**Graphique n° 1**  
Pourcentage de variation de 1994 à 2000



**Graphique n° 2**  
Pourcentage de variation de 1994 à 2000



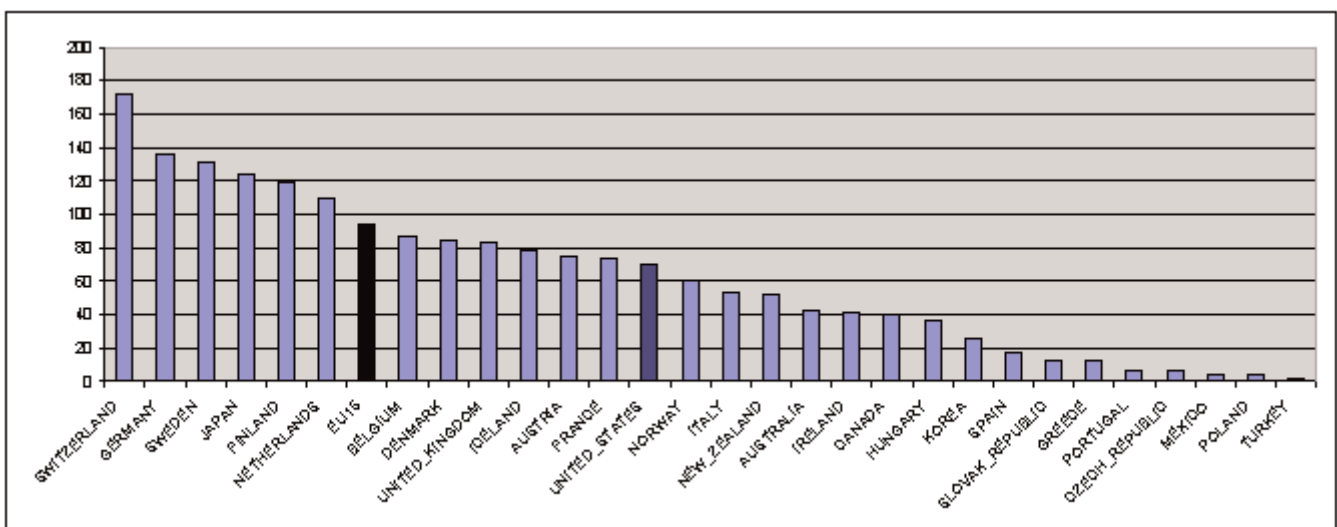
Le constat a jusqu'à présent porté sur une comparaison des efforts en termes de dépenses de R & D. Qu'en est-il en terme de résultats, c'est-à-dire d'innovations ? Sur les 40 334 brevets triadiques accordés en 1998 <sup>17</sup>, 34 262 (i.e. 85 % du total des demandes de brevets triadiques) l'ont été par 5 pays (États-Unis, Japon, Allemagne, Royaume-Uni et France). En la matière, les États-Unis représentent le modèle de référence puisqu'ils ont obtenu 36 % du total des brevets triadiques, contre 33 % pour l'UE et 25 % pour le Japon. Toutefois, force est de constater, lorsque l'on examine le nombre de brevets triadiques par million d'habitant (*graphique n° 3*), que l'avantage des États-Unis disparaît : l'Europe (et la France) obtiennent plus de brevets par dollar dépensé en R & D (données de 1998). Tandis que la Suisse et l'Allemagne sont les pays de l'OCDE à avoir la plus grande propension à breveter. En 1998, la Suisse a ainsi obtenu 171 familles de brevets triadiques par million d'habitant, l'Allemagne (137), la Suède (134), le Japon (123), la Finlande (120), la France (77) et les États-Unis (72). Par contraste, la Turquie, la Pologne, le Portugal, la

Grèce mais aussi l'Espagne ont une faible propension à breveter.

De même, le *leadership* des États-Unis est loin d'être confirmé lorsque l'on compare la productivité moyenne des dépenses totales de R & D (définie comme le nombre de brevets triadiques sur les dépenses totales de R & D en millions de dollars constants 1995 convertis selon les PPA de 1995) entre pays de l'OCDE. En effet, la plupart des pays d'Europe du Nord, de même que le Japon sont caractérisés par une productivité moyenne de R & D plus élevée que celle des États-Unis. Celle-ci correspond à 9,30 brevets triadiques par million de dollar investi pour l'UE et excède par conséquent celle des États-Unis (avec 6,84 brevets par million de dollars investi). On pourrait évidemment argumenter que le classement des pays de l'OCDE sur la base de leur productivité moyenne en R & D est biaisé en raison de l'existence de rendements d'échelle décroissants dans le processus d'innovation au niveau des firmes : la faiblesse relative de la productivité moyenne de la R & D aux États-Unis pourrait alors s'expliquer par le niveau élevé d'investissement des firmes américaines.

### Graphique n° 3

Nombre de familles de brevets triadiques par million d'habitant, 1998



En effet, s'il existe au niveau micro-économique des rendements d'échelle décroissants dans le processus d'innovation alors, pour un pays ayant  $N$  entreprises dépensant chacune une somme  $S$  en R & D, le nombre total d'innovations obtenues sera plus faible que pour un pays ayant deux fois plus d'entreprises qui dépensent chacune deux fois moins en R & D que les entreprises du premier pays. Autrement dit, pour un même effort total en terme de dépenses de R & D, le premier pays obtiendra moins de brevets que le second ; sa productivité moyenne calculée à partir des données agrégées au niveau national sera donc plus faible. Inversement, dans le cas où il existe des rendements d'échelle croissants dans le processus d'innovation.

Afin d'évaluer si les différences de valeur de la productivité de la R & D peuvent être expliquées par des économies ou déséconomies d'échelle, il nous faut disposer d'un indicateur de la concentration de la R & D pour les différents pays. Un indice de Gini a pu être calculé à l'aide de données de la Commission européenne (2004b) relatives à une enquête sur les 500 entreprises européennes ayant les dépenses en R & D les plus élevées pour 2003 et les 500 premières entreprises équivalentes pour le reste du monde. Plus la valeur de l'indice est proche de zéro, plus la dépense de R & D est concentrée dans un faible nombre d'entreprises. Le *graphique n° 4* permet de visualiser le lien entre cet indice de Gini et la productivité moyenne de la R & D calculée sur données macro-économiques. Il ne ressort pas de lien univoque entre la concentration de la dépense de R & D et la productivité moyenne de la R & D. Plus exactement, il apparaît que des pays comme les États-Unis et la Suisse peuvent avoir un indice de concentration des dépenses de R & D identique mais une pro-

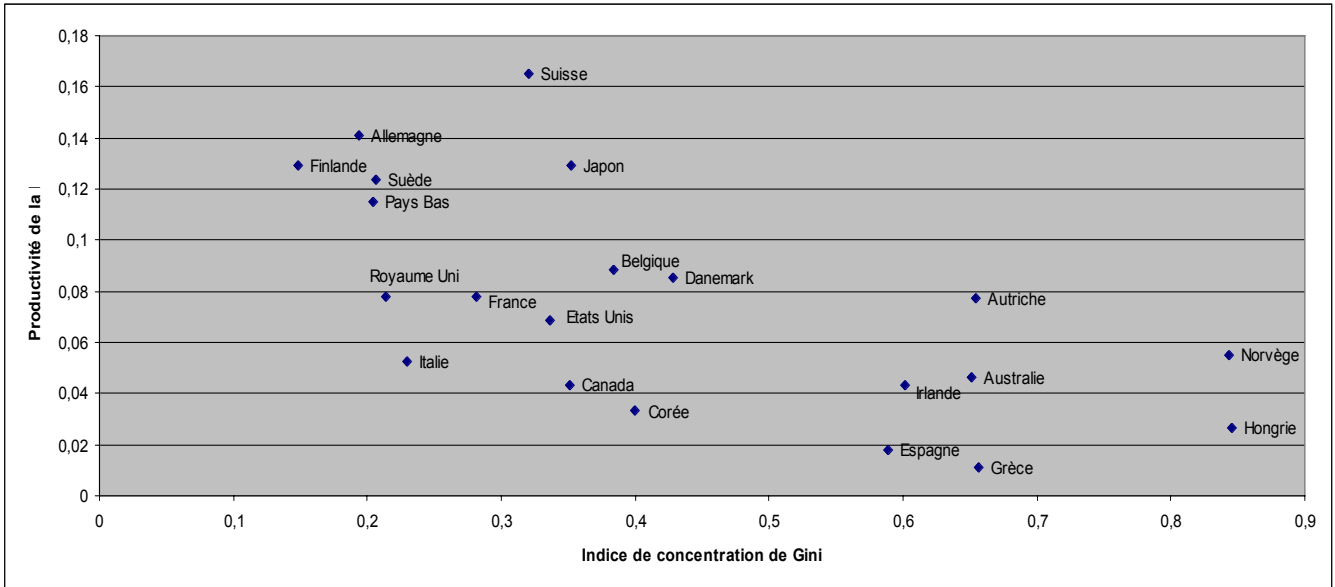
ductivité moyenne de la R & D très différente. L'idée selon laquelle la faiblesse relative de la productivité moyenne de la R & D aux États-Unis serait liée à un phénomène de rendements d'échelle croissants ou décroissants ne semble pas validée.

La question se pose ensuite de savoir si les différences de productivité moyennes de la R & D pourraient être expliquées par une allocation des dépenses de R & D totales différente entre R & D publique et privée et/ou par certains facteurs non observés. Dit autrement, cela signifie que les dépenses de R & D (i.e. le niveau d'effort de R & D) pourraient ne pas suffire et que les pays nordiques, souvent considérés comme les "champions" d'Europe de l'innovation, pourraient bénéficier d'autres facteurs (institutionnels, etc.) difficiles à observer. Sur ce point, le *graphique n° 5* montre qu'il existe une corrélation assez forte entre le nombre de familles de brevets triadiques et les dépenses privées en R & D (BERD). La Suède, les États-Unis, le Japon, la Suisse, la Finlande et l'Allemagne ont à la fois un niveau élevé de R & D privée et un nombre élevé de brevets triadiques. A contrario, la Turquie, le Portugal, la Grèce et l'Espagne ont un faible niveau de R & D privée et peu de brevets triadiques. L'influence des dépenses publiques en R & D est en revanche nettement plus floue. Mais surtout, il apparaît que des pays proches en termes d'efforts relatifs de R & D publique et privée comme les États-Unis et la Suède peuvent avoir des résultats en termes de nombre de brevets par habitant qui diffèrent.

Compte tenu des éléments préliminaires apportés par ce chapitre Premier, il paraît essentiel de confirmer ou d'infirmer les doutes quant à l'imputation du retard européen sur le seul effort de R & D. Pour ce faire, une analyse comparative des performances en ter-

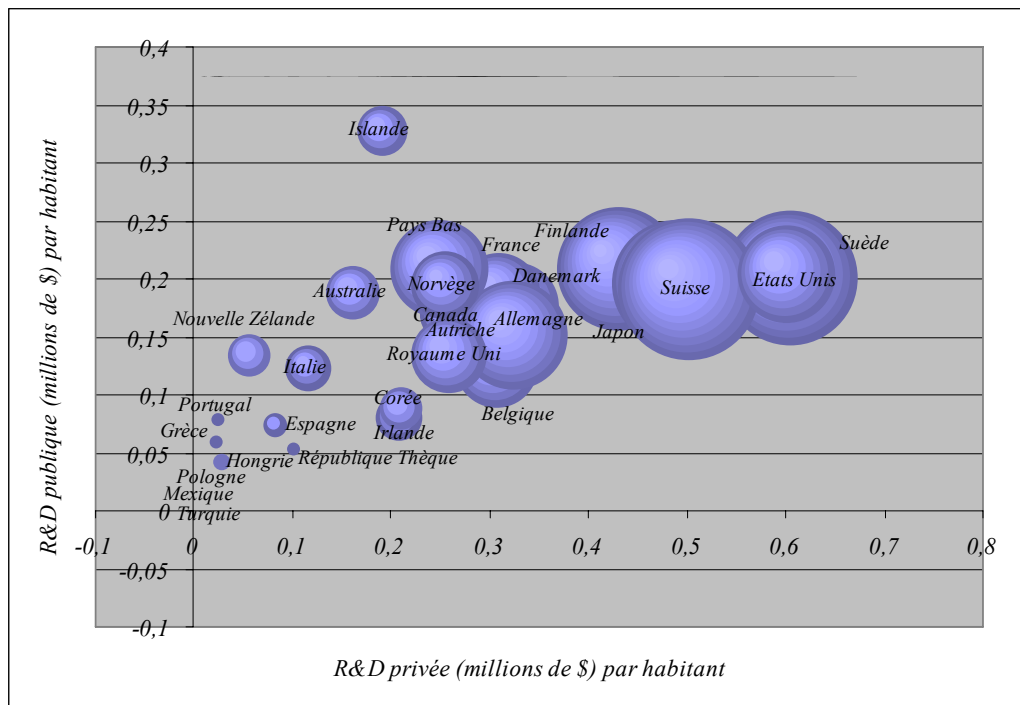
**Graphique n° 4**

Influence de la concentration des dépenses de R & D sur la productivité moyenne de la R & D



**Graphique n° 5**

Nombre de brevets triadiques par million d'habitant comme fonction des dépenses de R & D privées (axe horizontal) et publiques (axe vertical) en 1998





mes de création de connaissances entre les États-Unis et l'Europe, mais aussi entre pays européens, s'impose. Le principe de base d'une telle analyse est d'évaluer si, à dépenses de R & D identiques, les performances des différents pays considérés seraient identiques ou non. Les performances de pays européens comme la Finlande, jugées équivalentes à celles des États-Unis, ne cacheraient-elles pas en fait une sous-efficacité dans le

processus de création de connaissances dans la mesure où elles résultent d'un effort en dépenses de R & D supérieur de presque 1 % du PIB par rapport à celui des États-Unis ? À l'inverse, ne pourrait-on pas considérer que des pays comme la France ou le Royaume-Uni seraient plus efficaces que les États-Unis, au sens où ils seraient capables de meilleures performances par le simple ajustement de leur effort sur celui des États-Unis ?

## CHAPITRE 2

### Méthodologie et construction de la base de données

#### 1. La démarche adoptée

La démarche adoptée dans cette étude s'appuie sur la construction d'un modèle explicatif du rythme d'innovation qui respecte au mieux les caractéristiques du processus, à savoir :

- le rythme d'innovation est mesuré par le nombre de brevets déposés par un pays ;
- il s'agit d'une variable de comptage ;
- le lien fonctionnel entre les facteurs explicatifs et le nombre de brevets n'est pas déterministe (à même effort, le résultat reste en partie aléatoire).

Compte tenu de ces éléments, nous recourons dans cette étude à une modélisation des dépôts de brevets à l'aide de l'économétrie des variables de comptage (Cameron et Trivedi, 1998). Cette technique permet en effet de mesurer séparément la contribution de chaque facteur au processus d'innovation. Elle permet, en outre, dans le cas de données de panel (i.e. plusieurs pays sur plusieurs dates) de comparer le nombre d'innovations attendues en raisonnant "comme si" les efforts de R & D étaient identiques (calcul des effets fixes). Cette partie est développée dans l'*annexe 1*.

Le principe d'agrégation (passage micro-macro) retenu est le suivant :

- à l'échelon micro-économique, le nombre de brevets qu'une entreprise prévoit de déposer dépend de son effort de R & D selon une loi de probabilité de Poisson ;
- la productivité de la dépense de R & D d'une entreprise dépend : du ratio entre la dépense de R & D publique et la dépense de R & D privée du pays (i.e. de la combinaison entre recherche fondamentale et

recherche appliquée) ; de facteurs nationaux (institutionnels, culturels, fiscaux, etc.) non observés.

Les propriétés du modèle de Poisson font alors que :

- la somme des brevets déposés par les entreprises et organismes de recherche d'un pays suit elle-même une loi de Poisson ;
- le paramètre de cette loi dépend de la R & D privée totale du pays, de sa R & D publique et de facteurs non observés captés par un effet fixe dont éventuellement la répartition inter-sectorielle et intra-sectorielle de la dépense de R & D ;
- la spécification retenue s'appuie quant à elle sur une forme fonctionnelle de type CES (*Constant Elasticity of Substitution*). Celle-ci permet de mesurer le degré de complémentarité-substituabilité entre R & D publique et R & D privée.

#### 2. Critères de sélection de l'échantillon retenu

Afin de disposer des données requises pour mener à bien l'étude, deux sources de données ont été croisées qui concernent respectivement la mesure de la création de connaissances et la mesure de l'effort et des moyens consacrés à cette création.

- La création de connaissances et l'innovation sont difficiles à mesurer mais, traditionnellement, le nombre de brevets est considéré comme le meilleur indicateur en la matière. Ce choix n'est toutefois pas exempt de critiques. Tout d'abord, toutes les innovations ne font pas l'objet d'un dépôt de brevet. Le secret est une alternative au dépôt de brevet qui, de ce fait, résulte d'un choix stratégique de la

part de l'entreprise mais n'est pas le corollaire obligé de toute innovation technologique. Ensuite, les brevets ne constituent en rien une catégorie homogène mais présentent, au contraire, de fortes disparités à la fois dans leur apport technique et dans leur valeur économique ; ce qui demande de traiter les données agrégées avec une grande précaution. En effet, chaque dépôt de brevet ne correspond pas à la même "intensité d'innovation" (un petit nombre de brevets décisifs reflète une capacité d'innovation plus importante qu'un grand nombre de brevets porteurs d'innovations mineures). Une détérioration de la position relative d'un pays dans le dépôt de brevets ne reflète donc pas nécessairement un tassement de sa capacité d'innovation. Toutefois, quelles que soient les raisons pour lesquelles les acteurs français déposent moins de brevets, ceci peut avoir un effet négatif, à terme, sur la compétitivité de la France puisque les entreprises nationales protègent moins leurs innovations que les entreprises étrangères.

La restriction de l'analyse menée ici au seul cas des "familles de brevets" triadiques dont la base de données a été mise à disposition par l'OCDE<sup>18</sup> répond en partie à ces critiques. Cette base de données comporte des renseignements sur l'ensemble des brevets délivrés à la fois par l'Office européen des brevets (OEB), l'Office japonais des brevets (JPO) et l'Office américain des brevets et des marques (USPTO), notamment les dates de dépôt et de délivrance du brevet ainsi que le(s) nom(s) et le(s) lieu(x) de résidence du (des) inventeur(s), mesurant ainsi la capacité d'innovation technologique des chercheurs et des laboratoires situés dans un pays<sup>19</sup>. Ce point de méthodologie est important à souligner car il est fréquent que pour des questions d'organisation ou des rai-

sons fiscales, les entreprises concentrent la titularité des droits sur la société-mère ou sur une filiale spécialisée. Il n'y a alors pas de lien entre la nationalité du titulaire et le lieu de l'invention<sup>20</sup>.

L'avantage des brevets figurant dans cette base est qu'ils offrent une protection sur une même zone géographique couvrant une part importante des pays industrialisés. En outre, compte tenu du coût de dépôt mais aussi et surtout de la multiplicité des offices devant donner leur accord, les brevets triadiques sont moins suspects d'être détournés de leur usage théorique et correspondent plus sûrement à des innovations majeures que les brevets strictement nationaux. Ils présentent donc, *a fortiori*, une plus grande valeur économique au sens où ils sont associés à un rendement commercial escompté plus élevé. En effet, les coûts de dépôts augmentant avec le nombre de pays dans lesquels les brevets sont enregistrés, l'étendue géographique de la protection constitue une indication de leur valeur économique ; ce que confirment les études d'Harhoff et Reitzig (2001), mais aussi de Lanjouw et Schankerman (2001). Il faut ajouter à cela que les familles de brevets triadiques évitent l'un des biais traditionnel des données sur les brevets, à savoir le poids trop important donné aux brevets nationaux ("*home advantage bias*"). Par ailleurs, le recours aux "familles de brevets" par date de priorité (premier dépôt de demande dans le monde)<sup>21</sup> permet de remédier aux insuffisances des indicateurs traditionnels basés sur les brevets publiés ; en particulier les problèmes de comparaison d'un pays à l'autre, mais aussi le fait que les années mentionnées ne correspondent pas à l'année d'invention (reflétant les délais stratégiques ou administratifs de soumission, de traitement et de publication des demandes de brevet). Si les familles de brevets tri-

adiques constituent le meilleur ou le moins mauvais des instruments de comparaison disponibles, il convient néanmoins de garder en tête les limites de cet indicateur qui reflète assez mal certaines activités. Ainsi, selon la nature des marchés ou la structure de la concurrence, des entreprises sont incitées à déposer des brevets triadiques ou, au contraire, à développer des stratégies de dépôt plus ciblées. Il est notoire que l'industrie automobile se protège sur le marché européen non pas avec un brevet européen mais avec des brevets nationaux dans un petit nombre de pays clés<sup>22</sup>.

- Ce même souci d'homogénéité a guidé le choix des bases de données portant sur l'effort de R & D. La première d'entre-elles provient de

l'OCDE (2004) et couvre les dépenses totales de R & D du secteur privé d'une part et du secteur public d'autre part réalisées sur le territoire national d'un pays au cours d'une année<sup>23</sup>. Les dépenses en salaires des chercheurs étant incluses dans ces données, le nombre de chercheurs ne peut donc être explicitement introduit dans le modèle et ce afin d'éviter toute redondance. La seconde base de données a été construite par la Commission européenne (2004b) et fournit des données individuelles sur l'effort de R & D des 500 entreprises européennes et mondiales qui investissent le plus en recherche.

Enfin, compte tenu des éléments à notre disposition, la période couverte par cette étude va de 1994 à 2000.

## CHAPITRE 3

### Principaux résultats

#### 1. Les effets fixes des pays

Suffit-il de combler l'écart en matière de dépenses en R & D pour que l'Europe, et donc a fortiori la France, parviennent à un même rythme de création de connaissances et d'innovations qu'aux États-Unis ? Comme il a été précédemment souligné, il existe sans doute d'autres facteurs clés agissant en amont et en aval du processus de création de connaissances, notamment des facteurs institutionnels, susceptibles d'expliquer pourquoi l'Europe marque le pas en matière d'innovation. En amont, les effets d'entraînement entre recherche fondamentale (essentiellement publique) et recherche appliquée (essentiellement privée) jouent-ils pleinement leur rôle ? Doit-on envisager une déficience des structures de financement, notamment du recours au capital-risque, pour assurer une allocation efficace de l'effort de financement de la R & D ? Parallèlement, en aval, n'y a-t-il pas une insuffisance de la protection des innovations, par exemple en terme de rapidité et d'efficacité des procédures judiciaires en cas de litige sur la propriété des titres ?

Nous avons cherché à vérifier la véracité de ces intuitions. Pour ce faire, les effets fixes calculés dans cette étude capturent l'influence des facteurs non observés sur l'innovation dans un pays donné (*annexe 2*). Les valeurs de l'indice de performance du processus d'innovation sont calculées pour les pays de l'OCDE et les années 1994 à 2000. Les résultats sont reportés dans le *tableau n° 2* avec les États-Unis comme pays de référence, c'est-à-dire avec un indice normalisé à 1. Un pays avec un indice supérieur à 1 surperforme les États-Unis et inversement. Par exemple, un pays avec un indice de 1,2 (respectivement 0,8) obtiendra, pour des efforts de R & D privée et publique identiques à ceux des États-

Unis, 20 % de brevets en plus (respectivement 20 % de brevets en moins).

L'un des résultats les plus intéressants de cette analyse des effets fixes est illustré par la forte hétérogénéité des pays de l'OCDE<sup>24</sup>. Certains, à l'instar du Japon, de la Nouvelle-Zélande, mais aussi des pays du Nord de l'Europe sont beaucoup plus efficaces (Finlande, Allemagne, Pays-Bas, Suède et Suisse) ou significativement plus efficaces (Autriche, Belgique, Danemark) que le modèle de référence : les États-Unis. A contrario, des pays d'Europe de l'Est ou d'Europe centrale (comme la République tchèque, la Pologne, la Slovaquie) ou d'Europe du Sud (comme la Grèce, le Portugal) mais aussi l'Irlande sont moins efficaces que les États-Unis. Seuls deux pays, la Hongrie et l'Islande ont des résultats ni plus ni moins efficaces que ceux des États-Unis. S'agissant maintenant des trois économies les plus importantes de l'Union, à savoir celles de la France, de l'Italie et du Royaume-Uni, force est de constater que bien qu'exhibant un coefficient significativement différent de un, ces pays sont à peine aussi efficaces que les États-Unis.

Ces résultats sont intéressants à plus d'un titre. En effet, d'un point de vue de politique économique, ils mettent en exergue la nécessité de solutions "personnalisées", c'est-à-dire une différenciation des mesures prises en matière de politique d'innovation par groupe de pays. L'accent doit être mis sur une augmentation de l'effort de R & D et/ou sur les facteurs institutionnels ou culturels influençant le processus d'innovation pour les pays qui sont moins efficaces que les États-Unis. Il doit, en revanche, être mis essentiellement sur les facteurs institutionnels pour les pays plus performants que les États-Unis. Cependant, l'effet fixe en faveur de l'innovation, comparé à

**Tableau n° 2**  
 Indice de performance du processus d'innovation  
 (pays de référence : États-Unis à 1)  
 Écarts types entre parenthèses

Australie	0,884 * (0,027)	Japon	1,810 * (0,016)
Autriche	1,237 * (0,040)	Corée	0,350 * (0,006)
Belgique	1,243 * (0,024)	Mexique	0,171 * (0,020)
Canada	0,634 * (0,017)	Pays-Bas	2,074 * (0,052)
République tchèque	0,088 * (0,011)	Nouvelle- Zélande	1,561 * (0,110)
Danemark	1,377 * (0,045)	Norvège	0,870 * (0,038)
Finlande	1,998 * (0,051)	Pologne	0,089 * (0,012)
France	1,184 * (0,026)	Portugal	0,219 * (0,038)
Allemagne	1,924 * (0,033)	Slovaquie	0,102 * (0,024)
Grèce	0,291 * (0,043)	Espagne	0,359 * (0,015)
Hongrie	0,876 (0,067)	Suède	1,734 * (0,023)
Islande	0,878 (0,155)	Suisse	2,306 * (0,030)
Irlande	0,566 * (0,034)	Turquie	0,064 * (0,012)
Italie	1,078 * (0,027)	Royaume-Uni	1,090 * (0,024)

\* Coefficient significativement différent de 1 % à 5 %

celui des États-Unis, peut être occulté par des inefficacités allocatives entre les efforts de R & D publique et privée. Cet aspect est examiné ci-dessous.

## 2. L'arbitrage optimal R & D publique – R & D privée

Afin d'étudier l'efficacité de l'allocation des dépenses totales de R & D, nous avons développé dans cette étude un indice d'efficacité allocative à la fois pour les dépenses de R & D publiques et privées (annexe 2). Avant

d'examiner cet indice, il convient de présenter les résultats pour les paramètres autres que les effets fixes dans le modèle de comptage de type Poisson-CES. Les résultats sont présentés dans le *tableau n° 3*. Les index  $Rp^2$  et  $Rd^2$  qui mesurent la qualité de la régression sont ceux présentés dans Greene (1997) pour les modèles de comptage. Ils montrent que le modèle s'ajuste bien aux données. L'élasticité de substitution technique entre l'effort de R & D public et privé,  $\sigma$  indique qu'il existe un degré élevé de complémentarité entre la R & D publique et

privée. De plus, le ratio optimal entre les dépenses de R & D publiques et privées, c'est-à-dire celui qui assure le nombre maximum de brevets triadiques espéré pour des dépenses de R & D données,  $\theta^\sigma$ , correspond à 2,51. Ce ratio optimal de 2,51 entre R & D privée et R & D publique correspond à une dépense totale constituée à 71 % de R & D privée et 29 % de R & D publique : c'est plus que l'objectif fixé lors du sommet de Barcelone (67 %).

**Tableau n° 3**

Coefficients estimés pour le modèle de Poisson-CES avec effets fixes

Coefficients	Estimations (t-stats)
$\eta$	0,0051 (3,336)
$\mu$	0,000 001
$\rho$	14,00 (7,007)
$\sigma = -1/(1 + \rho)$	- 0,066
$\theta^\sigma$	2,51
Log likelihood	- 1371,23
$R_p^2$	0,999096
$R_d^2$	0,998279

Compte tenu de la forte complémentarité entre efforts de R & D publique et privée, dévier du ratio de 2,51 entre les deux en augmentant l'un sans accroître l'autre n'a aucun effet en terme de hausse du nombre espéré de brevets. En conséquence, les pays caractérisés par un ratio de dépenses en R & D privée-publique supérieur à cette valeur critique ne devraient pas tirer partie d'une augmentation des dépenses de R & D privée *ceteris paribus*, de sorte que l'élasticité du nombre espéré de brevets triadiques par rapport à ce type de dépenses de R & D est proche de zéro. Cependant,

ces pays peuvent espérer un effet significativement positif d'une augmentation de leurs dépenses de R & D publiques pour lesquelles l'élasticité est proche de zéro. À l'inverse, les pays caractérisés par un ratio entre les dépenses de R & D privées et publiques inférieur à cette valeur critique de 2,51 ne doivent pas espérer tirer grand bénéfice d'une augmentation de leurs dépenses publiques *ceteris paribus*. Il en résulte que pour ces pays, l'élasticité du nombre attendu de brevets triadiques par rapport à ce second type de dépenses de R & D est proche de zéro alors qu'ils peuvent s'attendre à un impact significatif d'une augmentation de leurs dépenses de R & D privées pour lesquelles l'élasticité est proche de un. Ceci est confirmé par les élasticités estimées reportées dans le *tableau n° 4*. Les pays caractérisés par un excès de R & D publique tendent ainsi à avoir une élasticité par rapport à ce type de R & D proche de zéro et une élasticité par rapport à la R & D privée proche de un (et inversement). C'est notamment le cas de la France pour laquelle une hausse de la dépense privée de R & D apparaît nettement plus souhaitable qu'une hausse de la dépense publique.

Les indices d'efficacité allocative dont la construction est détaillée dans l'*annexe 2* permettent de classer les pays selon la qualité de leur combinaison entre dépense privée et publique de R & D. Plus l'indice est proche de 1, plus la répartition actuelle (en 2000) entre R & D publique et privée est proche de la répartition optimale. A contrario, plus l'indice est proche de 0, plus la répartition actuelle est éloignée de la répartition optimale. Le *tableau n° 5* donne un aperçu des résultats. On constate ainsi que des pays comme l'Autriche, les Pays-Bas ou la Suède, dont on note qu'ils ont un effet fixe élevé (*tableau n° 2*), ont

**Tableau n° 4**  
Élasticités du nombre espéré de brevets selon les pays

Pays	Par rapport à la R & D privée	Par rapport à la R & D publique	Ratio entre dépenses de R & D publiques et privées
Australie	1,00	0,00	0,90
Autriche	0,99	0,01	1,75
Belgique	0,52	0,48	2,66
Canada	0,99	0,01	1,49
République tchèque	0,99	0,01	1,50
Danemark	0,98	0,02	2,01
Finlande	0,79	0,21	2,44
France	0,99	0,01	1,67
Allemagne	0,85	0,15	2,37
Grèce	1,00	0,00	0,44
Hongrie	1,00	0,00	0,80
Islande	0,99	0,01	1,29
Irlande	0,67	0,33	2,55
Italie	0,99	0,01	1,00
Japon	0,78	0,22	2,45
Corée	0,30	0,70	2,85
Mexique	1,00	0,00	0,42
Pays-Bas	0,99	0,01	1,39
Nouvelle-Zélande	1,00	0,00	0,49
Norvège	0,99	0,01	1,37
Pologne	1,00	0,00	0,56
Portugal	1,00	0,00	0,39
Slovaquie	0,99	0,01	1,92
Espagne	0,99	0,01	1,16
Suède	0,06	0,94	3,23
Suisse	0,31	0,69	2,83
Turquie	1,00	0,00	0,50
Royaume-Uni	0,99	0,01	1,91
États-Unis	0,15	0,85	3,03



en revanche une valeur relativement faible de leur indice d'efficacité allocative. A contrario, des pays tels l'Irlande, la Corée ou la Slovaquie dont on a vu qu'ils étaient caractérisés par un effet fixe faible ont un indice d'efficacité allocative relativement élevé. Cela signifie que l'influence positive des facteurs non observés sur le processus d'innovation peut être en partie masquée par une mauvaise allocation des ressources entre les secteurs publics et privés ou réciproquement, qu'une allocation appropriée des ressources peut compenser la faiblesse des facteurs non observés qui influencent positivement le processus d'innovation. Néanmoins, certains pays européens (comme la Belgique, la Finlande et l'Allemagne) exhibent à la fois un effet fixe et un indice d'efficacité allocative plus élevé que celui des États-Unis. Une autre caractéristique importante révélée par le *tableau n° 5* est que l'écart entre les pays du Sud et de l'Est de

l'Europe d'un côté, et les pays du Nord de l'Europe d'un autre côté est moins net pour l'efficacité allocative que pour les effets fixes.

Si le clivage public/privé est utile, il ne doit cependant pas être poussé trop loin compte tenu des interactions souhaitables entre les deux composantes de la R & D et des différences de périmètre qui viennent fausser les comparaisons internationales. Ainsi, l'effort public de recherche de la France, proche de 0,83 % du PIB est quasi équivalent à celui des États-Unis (0,89 %). Le problème réside donc moins dans son volume que dans sa structure, ou plutôt dans le fait qu'il bénéficie trop peu aux entreprises. À l'évidence, la France ne peut continuer à consacrer une part importante de ses ressources à la recherche sans assigner à celle-ci, au moins dans une certaine mesure, un objectif de nature économique.

**Tableau n° 5**  
Indice d'efficacité allocative entre R & D publique et R & D privée

Australie	0,680189	Japon	0,999045
Autriche	0,910577	Corée	0,973276
Belgique	0,994322	Mexique	0,426729
Canada	0,856307	Pays-Bas	0,833405
République tchèque	0,859169	Nouvelle-Zélande	0,473985
Danemark	0,955355	Norvège	0,828394
Finlande	0,998664	Pologne	0,516944
France	0,894904	Portugal	0,39809
Allemagne	0,995254	Slovaquie	0,941604
Grèce	0,438185	Espagne	0,768972
Hongrie	0,634366	Suède	0,903856
Islande	0,807633	Suisse	0,975440
Irlande	0,999714	Turquie	0,478281
Italie	0,717421	Royaume-Uni	0,938815
		États-Unis	0,941510

## CHAPITRE 4

### Biais structurel

Les conclusions tirées d'une comparaison directe entre l'Europe et les États-Unis ou entre États membres doivent être modérées par un certain nombre de considérations sectorielles. Ainsi, souvent citée en exemple avec une part de PIB consacrée à la R & D de 4,2 %, la Suède doit en réalité beaucoup à la très forte proportion de multinationales parmi ses entreprises (celles-ci financent 78 % des dépenses intérieures de R & D), l'une des plus importante au monde rapportée au nombre d'habitant. Qui plus est, il s'agit de firmes avec une orientation de haute technologie prononcée. De même, la Finlande a injecté 4,9 milliards d'euros dans la R & D en 2003, dont 3,2 milliards (65 %) provenant des entreprises, mais à elle seule, l'entreprise de télécommunications *Nokia* a représenté plus d'un tiers de cet effort.

En fait, on peut raisonnablement penser que la structure du tissu industriel est en grande partie responsable des différences de performances. En effet, celle-ci influence la performance en matière de dépôt de brevet puisque la propension à breveter n'est pas la même d'un secteur à l'autre. Ainsi si l'on reprend le cas de la France, une première explication à la faiblesse relative de la France en matière de brevet (par rapport aux "champions" d'Europe du Nord) tient à la structure par secteur et par taille des firmes de l'économie française. Ce biais structurel est ainsi illustré par le fait que la France ne possède qu'une poignée de grands groupes d'envergure mondiale dans les secteurs à forte intensité scientifique ou technologique comme la pharmacie ou les technologies de l'information où le dépôt de brevet est important. L'exemple emblématique est le secteur des technologies de l'information. Selon le rapport Camdessus,<sup>25</sup> *"l'écart d'effort privé en matière de R & D avec la Finlande*

*s'explique aux quatre cinquièmes par un effort supplémentaire dans la production de biens liés aux technologies de l'information et de la communication. La part de l'écart relevant de la même explication est plutôt de l'ordre du tiers avec les États-Unis, le Japon et la Suède"*. Dans la pharmacie par exemple, domaine intense de recherche, la France ne compte plus qu'une seule grande entreprise, *Sanofi-Aventis*. Dans les secteurs de pointe où la France a des positions fortes comme l'aéronautique, le secret est une stratégie de protection répandue et la dépense publique est souvent motrice.

D'autre part, la France ne détient pas non plus un tissu suffisant de grosses PMI leaders mondiaux sur leur marché. En France, les trois quarts des investissements de la recherche privée sont le fait des 100 premières entreprises françaises<sup>26</sup>. Ceci a évidemment un effet direct sur la performance de la France puisque la propension à breveter est fortement croissante avec la taille des firmes. Cela signifie sans doute qu'une bonne partie du fossé qui sépare l'Europe des États-Unis en termes de brevets triadiques s'explique peut-être par la plus grande concentration de l'industrie américaine dans les secteurs de haute technologie (tableau n° 6). Si c'est le cas, les initiatives destinées à stimuler l'effort de R & D auront des effets conditionnés au type de secteur où cet effort est concentré. Un effort de rattrapage en terme de R & D dans des secteurs où l'Europe et la France investissent initialement moins que les États-Unis conduirait à une augmentation du rythme d'innovation moindre qu'un effort de dépenses supplémentaire en R & D dans les secteurs de spécialisation européenne tels que l'automobile. Il conviendrait donc de renforcer davantage la spécialisation de l'Europe plutôt que de concurrencer

les États-Unis sur leur terrain et ce parce que l'Europe ne dispose tout simplement pas de la structure industrielle appropriée.

La deuxième explication souvent avancée pour expliquer l'insuffisance d'une recherche privée en France est le faible niveau de la recherche dans les services. Ainsi, selon Sheehan et Wyckoff (2003), "70 % de la valeur ajoutée de l'économie française proviennent des services, lesquels ne déposent guère de brevets et ne sont que rarement l'objet de transferts des résultats de la recherche". Toujours selon le rapport Camdessus (2004), "la différence d'effort de R & D dans le domaine des services expliquerait les deux tiers de l'écart de R & D privée entre les États-Unis et la France". Pourquoi cette insuffisance ? Comme dans l'industrie, la France compte ici de grandes entreprises compétitives à l'échelon mondial, mais pas dans les secteurs de pointe. Ces différences structurelles méritent de toute évidence d'être étudiées plus attentivement.

Une discussion théorique du lien entre spécificités et spécialisations sectorielles d'une part, et niveaux des effets fixes (donc des indices de performances) d'autre part, est proposée en *annexe 1*. Elle s'appuie largement sur les conséquences de l'utilisation de données macro-économiques plutôt que de données micro-économiques. Les données publiées récemment par les services de la Commission européenne (2004b) quant aux dépenses en R & D des entreprises européennes et du reste du monde en 2003 sont parmi les rares sources statistiques permettant de procéder à un examen économétrique de ce lien théorique. Ces données concernent les entreprises européennes ayant effectué plus de 10 millions d'euros de R & D en 2003 et les entreprises du reste du monde ayant effectué plus de 50 millions d'euros de R & D la même année. Il y a donc un biais en faveur d'une sur-représentation des entreprises européennes qui conduit à ne considérer les résultats quantitatifs qui suivent que comme des indicateurs d'une tendance mais pas des mesures exactes.

**Tableau n° 6**

Proportion de l'investissement total en R & D et (entre parenthèses) R & D/ratio de vente (2003)

	<b>Groupe 1</b> Pharmacie Biotechnologies	<b>Groupe 2</b> Électronique Technologies de l'information	<b>Groupe 3</b> Ingénierie Chimie (secteurs à intensité de R & D/ratio de vente moyenne, entre 2-5 %)	<b>Groupe 4</b> Secteurs à faible intensité de R & D/ratio de vente (1-2,5 %)	<b>Groupe 5</b> Secteurs à très faible intensité de R & D/ratio de vente (< 1%)
UE-185 <sup>27</sup> (I <sub>T</sub> = 3,6 %) <sup>28</sup>	18,8 % (12,9 %)	25,3 % (10 %)	46,9 % (4,5 %)	5,4 % (1,1 %)	3,6 % (0,4 %)
JAPON-153 (I <sub>T</sub> = 4,2 %)	8,1 % (13,2 %)	43,3 % (5,8 %)	37,9 % (4,2 %)	8,3 % (2,2 %)	2,4 % (0,8 %)
ÉTATS-UNIS- 288 (I <sub>T</sub> = 4,9 %)	25,8 % (13,9 %)	42,3 % (10,1 %)	28,1 % (3,1 %)	1,5 % (2 %)	2,3 % (0,5 %)

Source : Commission européenne, 2004b

**Tableau n° 7**  
Constitution des groupes de secteurs

Intitulé des groupes	Détail des groupes (nom en anglais des secteurs représentés dans la base)
<b>Groupe 1</b> "Pharmacie et biotechnologies"	"Pharmaceuticals & Biotechnologies", "Health"
<b>Groupe 2</b> "Informatique, télécoms, électronique"	"Electronics & Electrical", "IT hardware", "Software & Computer Services", "Telecommunications Services"
<b>Groupe 3</b> "Industries mécaniques et chimiques"	"Engineering & Machinery", "Automobiles & Parts", "Aerospace & Defence", "Diversified Industries", "Personal Care & Household"
<b>Groupe 4</b> "Industries tertiaires et services"	"Leisure & Hotels", "Media & Entertainment", "Banks", "Speciality & Other Finance", "Support Services", "Food & Drug Retailers", "General Retailers", "Transports"
<b>Groupe 5</b> "Industries de base"	"Oil & Gas", "Mining", "Forestry & Paper", "Tobacco", "Steel & Metals", "Food Producers", "Beverages", "Construction & Building", "Households Goods & Textiles", "Electricity", "Utilities & Others"

Outre l'homogénéité des données autorisant une comparaison entre pays, l'intérêt de cette base est qu'elle comporte également une classification sectorielle des entreprises. Partant de là, il est donc possible de calculer les niveaux, ou au moins une approximation de ces niveaux, des coefficients associés aux variables susceptibles d'affecter les effets fixes selon les développements théoriques fournis en annexe. Au préalable, un regroupement des secteurs s'impose compte tenu du relativement faible nombre de pays représenté dans cette base de données, donc du nombre d'effets fixes à expliquer. Cinq groupes de secteurs ont été constitués, essentiellement sur la base de l'intensité en R & D évaluée par le rapport entre dépense de R & D des entreprises du secteur et chiffre d'affaires. Le *tableau n° 7* présente le détail de la composition de ces groupes.

Le *tableau n° 8* fournit quant à lui une synthèse des résultats de la régression des effets fixes sur les caractéristiques de répartition intersectorielle et intra-sectorielle de la R & D par pays. Les coefficients esti-

més sont ceux de l'équation (A.11.2) de l'*annexe 1*. Il apparaît d'emblée que le modèle explicatif des différences de performances est assez bon puisque 66,85 % de la variance des indices de performance est expliquée. Il apparaît aussi clairement que la répartition intersectorielle de l'effort privé de R & D conditionne le niveau des effets fixes. En effet, les coefficients  $\beta_j$  associés aux mesures de la répartition inter-sectorielle de la R & D sont significativement différents de zéro pour les trois premiers secteurs. On voit notamment que le coefficient est très fort pour les "industries mécaniques et chimiques", suivi du coefficient estimé pour les groupes "pharmacie et biotechnologies" puis "informatique télécoms et électronique". Cela signifie qu'une même dépense en R & D génère plus de brevets pour le secteur des "industries mécaniques et chimiques" que pour n'importe quel autre secteur. Les pays spécialisés dans ce type d'industries vont donc obtenir *ceteris paribus* plus de brevets que les pays spécialisés sur d'autres types d'industries. Leur effet fixe est donc plus élevé de même que leur indice de performance en matière

d'innovation. Il faut donc prendre certaines précautions : une relativement faible valeur de l'indice de performance du processus d'innovation peut parfois masquer une spécialisation pays (sur la base par exemple d'avantages comparatifs dans ce domaine) dans des secteurs où l'activité de R & D génère *ceteris paribus* moins de brevets. C'est bien ce qui semble se passer pour les États-Unis où l'activité de R & D est nettement plus concentrée dans les deux premiers secteurs (ceux plus "high-tech") que dans certains pays européens comme l'Allemagne où l'activité de R & D se concentre nettement sur le troisième groupe de secteur. La moindre performance apparente des États-Unis peut donc cacher une spécialisation sur des domaines où l'obtention des brevets nécessite un effort plus important de R & D (en contrepartie peut-être d'innovations contribuant plus fortement à la croissance). Les coefficients asso-

ciés aux mesures de la répartition intra-sectorielle de la R & D ne sont en revanche pas significatifs, exception faite du premier groupe "pharmacie et biotechnologies". Selon les détails théoriques fournis en annexe, l'absence de différence significative par rapport à zéro pour les autres groupes implique que l'hypothèse de rendements d'échelle constants dans l'activité de R & D pour ces groupes ne peut pas être rejetée. On retrouve là un résultat déjà mis en évidence de manière plus rudimentaire à l'aide du graphique n° 4. En revanche, le coefficient estimé est significativement positif pour le premier groupe. Cela indique que ce groupe d'industries se caractérise plutôt par des rendements d'échelle croissants dans l'activité de R & D ; ce qui plaide pour une concentration des entreprises et/ou le renforcement des coopérations en matière d'innovation dans ce secteur.

Tableau n° 8

Régression des effets fixes sur les indicateurs de répartition sectorielle de la R & D et d'effets d'échelle

Coefficients	Estimation	t-stats
$\beta_1$ (pharmacie et biotechnologies)	0,773541 **	5,889342
$\beta_2$ (informatique, télécoms, électronique)	0,326406 **	3,959465
$\beta_3$ (industries mécaniques et chimiques)	2,247855 **	3,378847
$\beta_4$ (industries tertiaires et services)	2,385690	0,651105
$\beta_5$ (industries de base)	1,693344	1,341916
$\gamma_1$ (pharmacie et biotechnologies)	0,001119 *	1,951137
$\gamma_2$ (informatique, télécoms, électronique)	0,000154	0,722237
$\gamma_3$ (industries mécaniques et chimiques)	0,000160	0,429017
$\gamma_4$ (industries tertiaires et services)	- 0,014388	- 0,530167
$\gamma_5$ (industries de base)	- 0,019347	- 1,745876
Part de la variance expliquée par le modèle : 66,85 %		
$\overline{R^2}$ : 0,668510		
$\overline{\overline{R^2}}$ : 0,397291		

\* Coefficients statistiquement différents de zéro à 10 %

\*\* Coefficients statistiquement différents de zéro à 5 %

## CONCLUSION

---

De par son critère quantitatif, l'Agenda de Barcelone veut garantir un socle mais derrière les volumes apparaît forcément l'exigence de qualité et de "productivité" de la R & D. Cela signifie qu'il n'y a aucune raison de penser qu'une dépense est bonne en soi, fût-elle de recherche. L'objectif, pour les pouvoirs publics mais aussi pour les entreprises, doit donc être d'optimiser le rapport entre les résultats et les dépenses.

Dans cette optique, l'analyse économétrique des performances comparées des États membres européens, des États-Unis, du Japon et de quelques autres pays de l'OCDE en matière de création de connaissances apporte un éclairage nouveau sur le supposé manque de performance de l'Europe et conduit à remettre en cause un certain nombre d'idées reçues. L'idée clé de cette étude est qu'une comparaison des performances doit se faire en raisonnant "comme si" les efforts en R & D publiques et privées étaient identiques ; fiction que permettent les techniques économétriques. Ainsi, il ressort de notre étude fondée sur l'estimation d'une fonction de production d'innovations sous forme d'un processus de Poisson-CES que la France n'est pas moins performante que les États-Unis. L'indice de performance de son processus d'innovation est même très légèrement supérieur à celui des États-Unis ; autrement dit à efforts de R & D publique et privée identiques, elle serait capable de déposer, en moyenne, plus de brevets triadiques que les États-Unis.

Certes, une partie de cette bonne performance de la France comparée aux États-Unis s'explique par des spécialisations sectorielles différentes de la R & D. La recherche américaine est notamment nettement plus orientée

vers les industries *high-tech* (pharmacie, biotechnologies, technologies de l'information) où les innovations nécessitent des moyens plus importants, en contrepartie, peut-être, d'une plus grande contribution à la croissance. De ce point de vue, un orientation plus marquée du portefeuille d'innovations françaises vers ces secteurs de pointe peut se justifier. Toutefois, à trop diriger son effort vers un rattrapage des États-Unis sur ce type de secteur, la France risque de s'épuiser alors même que se dégage aujourd'hui une spécialisation internationale de la R & D où l'Europe tend à développer une "niche" sur des secteurs certes traditionnels mais où néanmoins elle fait preuve d'une réelle efficacité. En outre, la France bénéficie de facteurs non directement observés (institutionnels, culturels, etc.) favorables à son processus d'innovation et tout aussi importants que l'effort en terme de dépenses de R & D. À l'évidence, il conviendrait donc de mieux identifier ces facteurs pour en accroître l'effet. En revanche, la France se caractérise par une trop faible part de sa R & D privée dans les dépenses totales de R & D, ce qui la pénalise. C'est sur l'effort privé de R & D qu'il faut donc mettre l'accent pour accroître son rythme d'innovation.

Enfin, il apparaît clairement que certains États membres tels que la Suède, la Finlande sont sans doute de meilleurs modèles que les États-Unis. Il est donc paradoxal que les politiques publiques en Europe soient calquées sur le système d'innovation américain, alors même qu'il existe dans les pays d'Europe du Nord, mais aussi dans certaines régions très innovantes de l'Europe, des modèles beaucoup plus proches de notre culture européenne.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- BOYER (R.) et DIDIER (M.), *Relancer une dynamique de la croissance durable par l'innovation*, rapport pour le Conseil d'analyse économique, La Documentation française, Paris, 1998.
- CAMERON (A.) et TRIVEDI (P), "Regression Analysis of Count Data", *Econometric Society Monograph*, n° 30, Cambridge University Press, 432 p., 1998.
- COMMISSION EUROPÉENNE, (2004a), *Tableau de bord de l'innovation*, disponible sur : <http://www.cordis.lu>, SEC (2004) 1349, 2004a.
- COMMISSION EUROPÉENNE, (2004b), *The 2004 EU Industrial R & D Investment Scoreboard*, rapport technique, DG Joint Research Centre, DG Research, 2004b.
- COMMISSION EUROPÉENNE, *Report from the High Level Group* (Wim Kok Report), disponible sur : <http://www.europakommissionen.dk/upload/application/2aa78811/kokrapport.pdf#search=Report%20Wim%20Kok>, 2004c.
- CRÉPON (B.) et DUGUET (E.), "Research and Development, Competition and Innovation, Pseudo-Maximum Likelihood Methods Applied to Count Data Models with Heterogeneity", *Journal of Econometrics*, vol. 79, p. 327-354, 1997.
- DERNIS (H.) et GUELLEC (D.), "Compter les brevets pour comparer les performances technologiques entre pays", *STI Revue*, n° 27, numéro spécial : nouveaux indicateurs de la science et de la technologie, p. 141-159, 2001.
- EUROSTAT, "Dépenses de R & D dans l'Union européenne", *Statistiques en Bref*, février, 2005a.
- EUROSTAT, (2005b), "La R & D dans le secteur des entreprises de l'Union européenne", *Statistiques en Bref*, avril, 2005b.
- GREEN (W.-H.), *Econometric Analysis*, 3<sup>e</sup> édition, Prentice-Hall International, Inc., 1075 p., 1997.
- HALL (B.-H.) et ZIEDONIS (R.-M.), "The Patent Paradox Revisited : an Empirical Study of Patenting in the US Semi-Conductor Industry 1979-1995", *The Rand Journal of Economics*, vol. 32, p.101-122, 2001.
- HAUSMAN (J.), HALL (B.-H.) et GRILICHES (Z.), "Economic Models for Count Data with an Application to the Patents R & D Relationship", *Econometrica*, vol. 52, n° 4, p.909-938, 1984.
- HARHOFF (D.) et REITZIG (M.), "Strategien zur Gewinnmaximierung bei der Anmeldung von Patenten", *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, vol. 5, p. 509-529, 2001.
- LANJOUW (J.-O.) et SCHANKERMAN (M.), "Characteristics of Patent Litigation : a Window on Competition", *The Rand Journal of Economics*, vol. 32, n° 1, p. 129-151, 2001.
- OCDE, "Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental", *Manuel de Frascati*, Paris, 2002.
- OCDE, *Base de données sur les familles triadiques*, OCDE, Paris, 2003.
- OCDE, *Science, Technology and Industry Scoreboard*, 195 p., Paris, 2003.
- OCDE, "Principaux indicateurs de la science et de la technologie", PIST 2004/1, Paris, 2004.
- SHEEHAN (J.) et WYCKOFF (A.), *Objectif RD : les répercussions de l'accroissement des dépenses de R & D sur l'économie et l'action publique*, document de travail de l'OCDE STI 2003/8, disponible sur : <http://www.oecd.org/sti/working-papers>, juillet 2003.

## ANNEXE 1

### Spécification du modèle de comptage

L'étude quantitative visant à évaluer les performances nationales en matière d'innovation est dans une large mesure contingentée par la disponibilité des données. Plus précisément, les données à disposition tant en matière de brevets déposés que d'effort en terme de dépenses de R & D sont essentiellement disponibles sous leur forme agrégée à l'échelon national alors même que le processus d'innovation se déroule à l'échelon micro-économique de l'entreprise ou de l'organisme de recherche. Il convient donc de s'interroger sur les modalités de passage d'une représentation du processus d'innovation de l'échelon micro-économique à l'échelon macro-économique. C'est l'objet de cette première annexe.

#### 1. Principe de base

Afin de confirmer ou d'infirmier l'idée selon laquelle un simple rattrapage en terme d'effort de R & D permettrait aux pays européens de créer autant de connaissances et d'innover au même rythme que les États-Unis, la méthode retenue est fondée sur l'estimation d'une fonction d'innovation où l'*output* correspond au nombre d'innovations et les *inputs* aux variables permettant de produire ces innovations. Les trois singularités de ce modèle sont les suivantes :

- l'*output* n'est pas directement observable. En conséquence, nous utilisons le nombre de brevets triadiques déposés par une firme dans une année donnée comme proxy-variable du nombre d'innovations<sup>29</sup> ;
- l'*output* est un entier naturel ;
- la relation entre *input* et *output* n'est pas purement déterministe ; par exemple, un même niveau de dépenses en R & D ne produira pas nécessairement le même nombre de brevets.

Pour tenir compte de ces caractéristiques, la démarche adoptée s'inspire de celle initiée par Hausman, Hall et Griliches (1984). Elle s'appuie sur une modélisation de la fonction de production d'innovations sous forme d'un processus de Poisson dont le paramètre dépend des *inputs*, tout particulièrement des dépenses en recherche et développement.

Le modèle de base est défini en supposant que le nombre  $y_{nt}$  de brevets triadiques déposés par une entreprise (ou organisation publique)  $n$  à une date  $t$  correspond à la réalisation d'une variable aléatoire  $Y_{nt}$  suivant une loi de probabilité de Poisson :

$$\Pr[Y_{nt} = y_{nt}] = \frac{e^{-\lambda_{nt}} \lambda_{nt}^{y_{nt}}}{y_{nt}!} \quad (\text{A.1})$$

où  $\lambda_{nt} > 0$  est le paramètre de la loi de Poisson, susceptible de varier selon l'entreprise et la date considérées, correspondant à l'espérance mathématique de  $Y_{nt}$  :

$$E[Y_{nt}] = \lambda_{nt} \quad (\text{A.2})$$

Le nombre  $\lambda_{nt}$  de brevets espéré pour l'entreprise  $n$  à la date  $t$  est supposé dépendre de son effort exprimé en terme de dépenses de recherche et développement selon la relation fonctionnelle :

$$\lambda_{nt} = \theta_{ijt} f(x_{nt}) \quad (\text{A.3})$$

où  $f$  est une fonction, identique pour toutes les entreprises de tous les secteurs et tous les pays, de la dépense  $x_{nt}$  en recherche et développement effectuée en  $t$  par l'entreprise ou l'organisme de recherche  $n$ . Le paramètre  $\theta_{ijt}$  est indépendant de l'entreprise et capte les spécificités du secteur  $j$  et/ou du pays  $i$  auxquels appartient  $n$  et éventuellement aussi de la date  $t$ .

Bien que d'ordinaire une forme fonctionnelle de type Cobb Douglas est utilisée pour  $f$  (Hausman, Hall et



Griliches, 1984), c'est une forme quadratique qui est utilisée ici. Cette forme peut être interprétée comme une approximation du second ordre en  $x = 0$  de la vraie fonction <sup>31</sup> :

$$\begin{aligned}\lambda_{nt} &= \theta_{ijt} \left( \alpha_1 x_{nt} + \alpha_2 x_{nt}^2 \right) \\ &= \theta_{ijt} \left( \alpha_1 + \alpha_2 \frac{x_{nt}^2}{x_{nt}} \right) x_{nt}\end{aligned}\quad (\text{A.4})$$

avec

$$\alpha_1 = f'(0) \quad (\text{A.4})$$

$$\alpha_2 = f''(0)/2 \quad (\text{A.4})$$

L'intérêt de cette approximation est de mettre en évidence l'influence de la nature des rendements d'échelle sur la productivité moyenne des dépenses de R & D. En effet, si le processus d'innovation est caractérisé par des rendements constants ( $f''(x) = 0 \forall x$ ), la productivité moyenne est donnée de manière exacte par  $\theta_{ijt}\alpha_1$ . Si en revanche le processus d'innovation est caractérisé par des rendements croissants (respectivement décroissants) alors  $\alpha_2 > 0$  (respectivement  $\alpha_2 < 0$ ) et  $\theta_{ijt}\alpha_1$  sous-évalue (respectivement surévalue) la productivité moyenne de la R & D.

## 2. Agrégation au niveau sectoriel puis national

Partant de la spécification (A.4) du processus d'innovation à l'échelon micro-économique, il est possible de passer à une spécification du processus d'innovation à l'échelon sectoriel puis national. Ces deux étapes sont décrites dans ce qui suit.

La première étape repose sur une propriété essentielle de la loi de Poisson : une somme de loi de Poisson de paramètres  $\lambda_{nt}$  suit elle-même une loi de Poisson de paramètre  $\sum_n \lambda_{nt}$ . Il en résulte que le nombre de brevets  $Y_{jt} = \sum_{nej} Y_{nt}$  déposés dans l'année  $t$  par les

entreprises d'un secteur  $j$  ou les instituts de recherche publics relevant d'une catégorie  $j$  est une variable aléatoire dont la loi de probabilité est une loi de Poisson de paramètre :

$$\lambda_{jt} = \sum_{nej} \lambda_{nt} \quad (\text{A.5})$$

Soit, en utilisant l'expression (A.4) :

$$\lambda_{jt} = \theta_{ijt} (\alpha_1 + \alpha_2 I_{jt}) X_{jt} \quad (\text{A.6.1})$$

avec

$$X_{jt} = \sum_{nej} x_{nt} \quad (\text{A.6.2.})$$

$$I_{jt} = \sum_{nej} x_{nt}^2 / \sum_{nej} x_{nt} \quad (\text{A.6.3})$$

À nouveau, si le processus d'innovation est caractérisé par des rendements constants, la productivité moyenne des dépenses  $X_{jt}$  en R & D pour le secteur  $j$  est donnée de manière exacte par  $\theta_{ijt}\alpha_1$ . Ce même terme est en revanche une sous-évaluation (surévaluation) de la vraie productivité si le processus exhibe des rendements croissants (respectivement décroissants). Le biais entre la vraie productivité moyenne et la valeur  $\theta_{ijt}\alpha_1$  est donné par le terme  $\theta_{ijt}\alpha_2 I_{jt}$ .

La seconde étape consiste à appliquer une nouvelle fois la propriété sur la somme de loi de Poisson pour passer du nombre de brevets déposés par chaque secteur dans un pays  $i$  au nombre de brevets déposés dans ce pays sur l'ensemble de ses secteurs. Ainsi le nombre  $Y_{it} = \sum_{jei} Y_{jt}$  de brevets déposés durant l'année  $t$  sur l'ensemble des secteurs du pays  $i$  suit une loi de Poisson de paramètre :

$$\lambda_{it} = \sum_{jei} \lambda_{jt} \quad (\text{A.7})$$

Soit en utilisant (A.6) et en faisant apparaître l'effort total  $X_{it}$  du pays  $i$  en facteur :

$$\lambda_{it} = \left( \sum_{jei} (\theta_{ijt}\alpha_1 Z_{ijt} + \theta_{ijt}\alpha_2 V_{ijt}) \right) X_{it} \quad (\text{A.8.1})$$

avec :

$$Z_{ijt} = X_{jt}/X_{it} \quad (\text{A.8.2})$$

$$V_{ijt} = I_{jt}X_{jt}/X_{it} \quad (\text{A.8.3})$$

La variable  $Z_{ijt}$  mesure directement la part du secteur  $j$  dans les dépenses de R & D de l'ensemble des entreprises du pays  $i$  à la date  $t$ . Il s'agit donc d'une variable relative à la répartition inter-sectorielle des dépenses de R & D. La variable  $V_{ijt}$  est plus complexe à interpréter. Elle correspond en effet au produit de la variable  $Z_{ijt}$  avec la variable  $I_{jt}$  qui peut être vue comme un indicateur de la répartition intra-sectorielle de la R & D. En effet,  $I_{jt}$  n'est autre que le rapport entre un indice de Herfindhal mesurant la concentration de la R & D dans le secteur  $j$  du pays  $i$  à la date  $t$  et la dépense totale en R & D de ce même pays à la même date. Autrement dit,  $V_{ijt}$  est un indice de concentration intra-sectorielle de la R & D pondéré par le poids du secteur considéré dans la R & D totale du pays. Cette variable mesure donc essentiellement la répartition intra-sectorielle de la R & D.

Afin de poursuivre, il est indispensable de recourir à une hypothèse supplémentaire. Celle-ci porte sur les coefficients  $\theta_{ijt}$  qui sont supposés séparables en quatre termes sous la forme suivante :

$$\theta_{ijt} = \sigma_j \delta_i e^{\eta t} h\left(\frac{W_{it}}{X_{it}}\right) \quad (\text{A.9})$$

où  $W_{it}/X_{it}$  est le ratio évaluant la répartition de l'effort national de R & D entre l'effort public  $W_{it}$  et l'effort privé  $X_{it}$ . En substituant dans (A.8), on obtient :

$$\lambda_{it} = \delta_i \left( \sum_{j \in I} (\sigma_j \alpha_1 Z_{ijt} + \sigma_j \alpha_2 V_{ijt}) \right)^{\eta t} h\left(\frac{W_{it}}{X_{it}}\right) X_{it} \quad (\text{A.10})$$

L'écriture (A.10) comporte quatre termes interprétables de la manière suivante :

- Le premier terme  $\delta_i$  capture l'influence de facteurs non observables purement nationaux sur le nombre de brevets obtenus par un pays.
- Le second terme entre parenthèses correspond à la prise en compte d'effets sectoriels liés à la répartition de la R & D privée d'un pays entre ses secteurs d'activités et l'existence possible de rendements d'échelle croissants ou décroissants dans le processus d'innovation pour un ou plusieurs secteurs.
- Le troisième terme  $e^{\eta t}$  permet de tenir compte d'une tendance temporelle dans le dépôt de brevets.
- Les deux derniers éléments de (A.10) peuvent être regroupés dans une unique fonction  $g(W_{it}, X_{it})$  homogène de degré un en  $X_{it}$  et  $W_{it}$  par construction. Cette dernière peut être assimilée à une fonction de production macro-économique d'innovations.

Le second terme de (A.10) est susceptible de prendre une valeur différente pour chaque pays. En l'absence d'observations suffisamment complètes pour pouvoir conserver ce terme sous sa forme entière il est donc possible de l'associer à des effets nationaux non observables. Dans ce dernier cas, le produit des deux premiers termes de (A.10) est représenté par un effet fixe multiplicatif noté  $A_i$  dans ce qui suit :

$$A_i = \delta_i \left( \sum_{j \in I} (\beta_j Z_{ijt} + \gamma_j V_{ijt}) \right) \quad (\text{A.11.1})$$

avec  $\beta_j = \sigma_j \alpha_1$  et  $\gamma_j = \sigma_j \alpha_2$ . Soit encore :

$$\ln A_i = \ln \left( \sum_{j \in I} (\beta_j Z_{ijt} + \gamma_j V_{ijt}) \right) + \ln \delta_i \quad (\text{A.11.2})$$

Finalement, une forme CES est retenue pour  $g(W_{it}, X_{it})$ . Il en résulte que le nombre  $Y_{it}$  de brevets triadiques déposés par un pays suit une loi de probabilité de Poisson :

$$\Pr[Y_{it} = y_{it}] = \frac{e^{-\lambda_{it}} \lambda_{it}^{y_{it}}}{y_{it}!} \quad (\text{A.12})$$

dont le paramètre peut s'écrire :

$$\lambda_{it}(X_{it}, W_{it}, t) = A_i e^{\eta t} (X_{it}^{-\rho} + \mu W_{it}^{-\rho})^{-\beta \rho} \quad (\text{A.13})$$

Le modèle de Poisson à effets fixes défini par (A.12) et (A.13) est estimé par la méthode du maximum de vraisemblance (Cameron et Trivedi, 1998). Une fois les effets fixes estimés, il est possible de chercher à les

expliquer selon la relation (A.11) dès lors que des observations sectorielles sont disponibles pour au moins une date. On procède alors à l'estimation du modèle non linéaire (A.11.2) où  $\ln \delta_i$  est traité comme un résidu d'estimation. Les valeurs retenues pour les coefficients  $\beta_j$  et  $\gamma_j$  afin d'initialiser la procédure d'estimation non linéaire sont les coefficients estimés par les moindres carrés ordinaires en régressant les effets fixes  $A_i$  sur les variables  $Z_{ij}$  et  $V_{ij}$ .

## ANNEXE 2

### Les indices d'efficacité allocative et de performance

#### 1. Construction de l'indice d'efficacité allocative

Bien que, dans la fonction de production d'innovations définie (A.13), l'*output* est intrinsèquement aléatoire, les méthodes usuelles de mesure de l'efficacité allocative applicables aux choix de production peuvent être mobilisées afin de déterminer si la répartition de l'effort de R & D des différents pays étudiés est optimale ou non. Deux méthodes sont successivement présentées : la minimisation des dépenses totales de R & D sous contrainte d'obtenir un niveau donné du nombre de brevets espéré puis la maximisation du niveau du nombre de brevets espéré pour un niveau total donné des dépenses de R & D.

Le premier cas, celui de la minimisation des dépenses de R & D pour un niveau donné du nombre de brevets espéré repose sur le programme suivant :

$$e^*(X_{it}^0, W_{it}^0, t) = \underset{\{X, W\}}{\text{Min}} \left\{ \begin{array}{l} X + W ; \\ \lambda_{it}(X, W, t) \\ \geq \lambda_{it}(X_{it}^0, W_{it}^0, t) \end{array} \right\} \quad (\text{A.14})$$

où  $X_{it}^0$  et  $W_{it}^0$  désignent respectivement les niveaux observés des dépenses publiques et des dépenses privées de R & D du pays  $i$  à la date  $t$ . Le terme  $\lambda_{it}(X, W, t)$  désigne quant à lui le nombre de brevets triadiques espéré à une date  $t$  pour des dépenses publiques de R & D  $W$  et des dépenses privées de R & D  $X$  données ; la relation étant celle définie (A.13). La fonction de valeur  $e^*$  donne la dépense totale minimale en R & D compatible avec le niveau d'innovation correspondant au nombre de brevets espéré  $\lambda_{it}(Z_{it}^0, X_{it}^0, t)$ . Le ratio entre  $e^*$  et la dépense totale en R & D effectivement observée,  $X_{it}^0$  et  $W_{it}^0$  est utilisé comme indice d'efficacité allocative en *input* relatif à la répartition de la dépense totale de R & D entre

dépenses privées et publiques :

$$Ef_{input} = \frac{e^*(X_{it}^0, W_{it}^0, t)}{X_{it}^0 + W_{it}^0} \quad (\text{A.15})$$

Cet indice prend des valeurs comprises entre zéro et un. Plus l'allocation est proche de la répartition optimale de la R & D totale entre dépenses privées et dépenses publiques, plus l'indice est proche de un et inversement. En notant  $X_{it}^*$  et  $W_{it}^*$  la solution du programme (A.14), il est possible d'illustrer le calcul de ce premier indice à l'aide de la figure A.1.

Le second cas, celui de la maximisation de l'*output* pour un niveau donné de la dépense totale en R & D, repose sur le programme suivant :

$$y^*(X_{it}^0, W_{it}^0, t) = \underset{\{X, W\}}{\text{Max}} \{ \lambda_{it}(X, W, t) ; X + W \leq X_{it}^0 + W_{it}^0 \} \quad (\text{A.16})$$

avec les mêmes notations que celles employées dans le programme (A.14). Le programme (A.16) est en fait le dual du programme (A.14). La fonction de valeur  $y^*$  donne le niveau maximal du nombre de brevets espéré qui peut être atteint à partir d'un montant de la dépense totale en R & D qui n'excède pas le niveau de dépense observé  $X_{it}^0 + W_{it}^0$ . Dans ce cas, c'est le ratio entre le nombre de brevets espéré compte tenu de l'allocation observée de la R & D totale entre secteur privé et secteur public,  $\lambda_{it}(X_{it}^0, W_{it}^0, t)$ , et le niveau calculé pour  $y^*$  qui sert d'indice d'efficacité allocative en *output* en matière de répartition de la R & D totale entre dépense privée et dépense publique :

$$Ef_{output} = \frac{\lambda_{it}(X_{it}^0, W_{it}^0, t)}{y^*(X_{it}^0, W_{it}^0, t)} \quad (\text{A.17})$$

À nouveau, cet indice prend une valeur comprise entre zéro et un. Plus l'indice est proche de un plus la répartition de l'effort total de R & D

entre secteur privé et secteur public est proche de l'optimum et inversement. En notant  $X^{**it}$  et  $W^{**it}$  la solution du programme (A.16), il est également possible d'illustrer la construction de ce second indice à partir de la figure A.2.

On vérifie que, du fait de l'homogénéité de la fonction de production CES utilisée ici, les deux indices d'efficacité allocative définis (A.15) et (A.17) prennent en fait la même valeur.

## 2. Construction de l'indice de performance

Selon (A.13), une différence de valeur dans l'effet fixe  $A_i$  pour deux pays implique que, même à niveaux identiques des dépenses de R & D privées et publiques, ceux-ci n'obtiennent pas le même nombre de brevets. Partant de ce constat, il est possible de définir

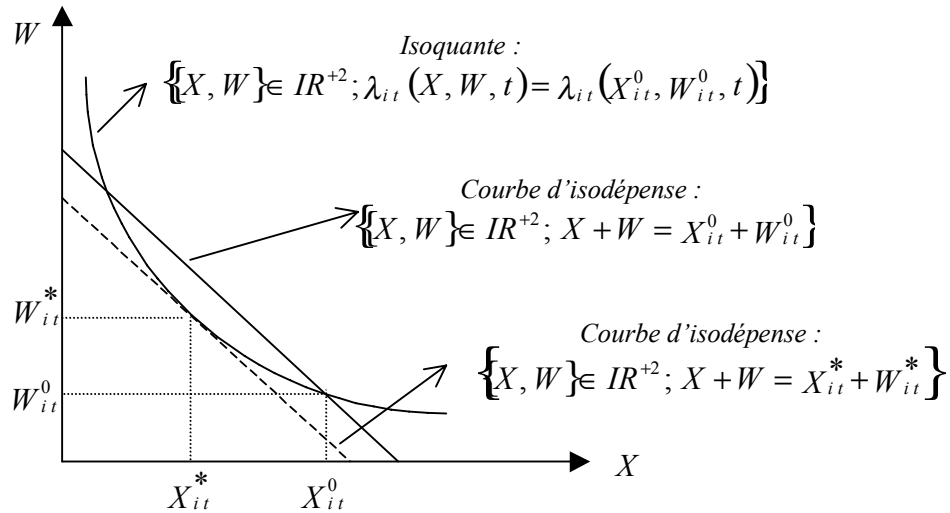
un indice de performance du processus d'innovation d'un pays  $i$  comparé à un pays  $i'$  comme suit :

$$\frac{E[Y_{it}/X_{it} e W_{it}]}{E[Y_{i't}/X_{i't} e W_{i't}]} = \frac{A_i}{A_{i'}} \quad (\text{A.18})$$

Cet indice sert de base dans ce qui suit pour la comparaison des performances des processus d'innovation nationaux. Il mesure le rapport *ceteris paribus*, c'est-à-dire notamment à efforts de R & D identiques aussi bien dans le secteur privé que public, entre le nombre de brevets espéré pour le pays  $i$  et le nombre de brevets espéré pour le pays de référence  $i'$ . À titre d'exemple, si l'indice vaut 1,2, cela signifie que le pays  $i$  est capable d'obtenir en espérance 20 % de brevets en plus que le pays  $i'$ . Si en revanche l'indice prend la valeur 0,8, cela signifie que le pays  $i$  obtiendrait *ceteris paribus* 20 % de brevets en moins comparé au pays  $i'$ .

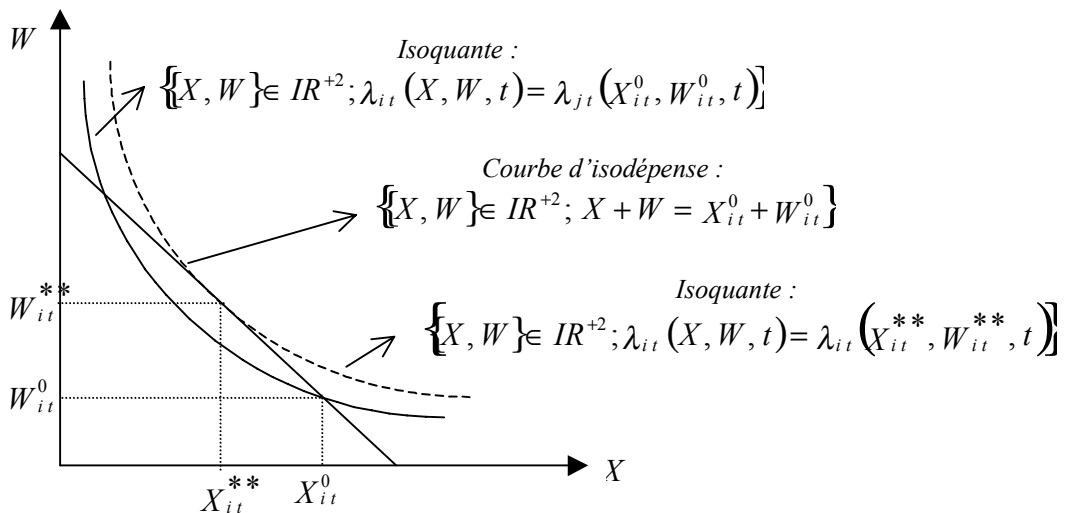
**Figure A.1**

Minimisation de la dépense totale de R & D pour un niveau donné du nombre de brevets espéré



**Figure A.2**

Maximisation du nombre de brevets espéré pour un niveau donné de la dépense totale en R & D



## ANNEXE 3

### Notes

(1) La définition retenue est celle de l'OCDE, Manuel de Frascati, 2002.

(2) C'est-à-dire les brevets déposés à la fois aux États-Unis auprès de l'USPTO, en Europe auprès de l'OEB et au Japon (JPO).

(3) Selon H. Dernis et D. Guellec, *“la valeur d'un brevet peut se définir par la contribution que l'invention protégée apporte à l'économie, sur un plan technologique comme sur un plan économique”*, p. 156, 2001.

(4) Cf. R. Boyer et M. Didier, pour une synthèse des liens entre innovation et croissance, 1998.

(5) Source : Commission européenne, *“Innovation & transferts technologiques”*, 5/03, p. 4 et COM 2003, EC, DG Research (Luxembourg), *“Third European Report on Science and Technology Indicators”*, Déclaration de Barcelone, 2002, [www.cordis.lu/indicators](http://www.cordis.lu/indicators).

(6) Cf. le rapport Wim Kok, 3 novembre 2004 et le *“Tableau de bord de l'innovation”*, 2004.

(7) Données 2002 pour le Japon et l'Union européenne (dernières données disponibles, Eurostat, 2005).

(8) La dépense intérieure de R & D (DIRD) de la France s'élevait à 34,1 milliards d'euros en 2003 contre 34,5 milliards d'euros en 2002. Entre 2002 et 2003, cela représente une diminution de 1,2 % en valeur (- 2,7 % en volume) tandis que le PIB a progressé de 2 % en valeur (+ 0,5 % en volume) sur la même période. En conséquence, le ratio DIRD/PIB qui mesure l'effort de recherche est en baisse par rapport à 2002, soit 2,19 % en 2003 contre 2,26 % en 2002.

(9) Dans les comparaisons internationales, il faut savoir qu'aux États-Unis et en Allemagne, la R & D du secteur

public ne comprend que les activités du gouvernement fédéral et pas les activités des établissements des États et gouvernements locaux. Au Royaume-Uni, depuis 1994, le financement par les entreprises de la dépense intérieure de ce secteur comprend les associations et fondations et l'enseignement supérieur, ce qui entraîne une légère surestimation.

(10) Il est cependant important de souligner l'existence de fortes disparités entre États membres. Ainsi, l'intensité de R & D a augmenté de plus de 7 % en moyenne par an à Chypre, en Hongrie et en Estonie. Le Danemark, l'Espagne, la Lituanie, l'Autriche et la Belgique ont également enregistré des augmentations soutenues. La Suède et la Finlande sont encore parvenues à accroître ce taux de plus de 4 % par an entre 1998 et 2003 (1998-2001 pour la Suède), tandis que l'intensité de R & D de l'Islande, pays partenaire au sein de l'EEE a gagné plus de 10 % par an. Contrairement à l'Union européenne dans son ensemble, l'Irlande, la Pologne et la Slovaquie ont vu leur intensité de R & D se réduire annuellement de 2,17 %, 2,80 % et 6,32 % respectivement au cours de la même période. La Lettonie et les Pays-Bas font également partie des États membres dont les intensités de R & D ont décliné au cours de cette période. À titre de comparaison, la Chine a pu augmenter son effort de R & D de 0,70 % en 1998 à 1,23 % en 2002 grâce à une augmentation annuelle de 10,91 % pendant trois ans. Ce chiffre est à comparer aux taux de croissance annuelle de 1,48 %, 1,28 % et 1,41 % enregistrés respectivement par l'UE-25, les États-Unis et le Japon au cours de la même période. Ces deux derniers pays ont cependant des intensités de R & D élevées par rapport à celle de l'UE-25 et qui représentent plus du double de celle de la Chine.

(11) Cf. "Productivité : la clé de la productivité des économies et entreprises européennes", COM(2002) 262 et J. Sheehan et A. Wyckoff, 2003. Un bilan établi par la Commission européenne, (2004a) sur les grandes régions européennes confirme cette relation. Les régions d'Europe qui produisent le plus de richesse (mesurée en PIB par habitant) sont aussi celles qui possèdent le tissu technologique le plus dense. Ainsi, l'Île-de-France figure parmi les régions les plus avancées en Europe, alors que la France, en tant que pays, ne fait pas partie des leaders de l'innovation.

(12) Il est à noter qu'un biais statistique explique en partie ce phénomène. En effet, les économies des pays sus-mentionnés sont spécialisées dans un petit nombre de secteurs, contrairement aux "grands" pays comme l'Allemagne, le Royaume-Uni et la France dont les structures industrielles sont plus diversifiées. Nous revenons sur ce point dans le *chapitre 4*.

(13) La Finlande s'appuie sur un système original. Un effort public limité et réévalué régulièrement, relayé par un secteur privé concentré dans certains secteurs industriels clefs. En 2003, la Finlande a ainsi injecté 4,9 milliards d'euros dans la R & D, dont 3,2 milliards (65 %) provenant des entreprises. À elle seule, l'entreprise de télécommunications *Nokia* a représenté près d'un tiers de cet effort.

(14) Dernières données disponibles, 2001.

(15) Mais seulement 40 % en Estonie, Grèce, Chypre, Lettonie, Lituanie, Hongrie, Pologne et Portugal.

(16) Cette comparaison doit être prise avec beaucoup de précautions dans la mesure où, pour être rigoureux, il conviendrait de comparer la situation de la France avec celle d'un État amé-

ricain de même importance (économique, démographique, etc.).

(17) Dernières données disponibles, OCDE.

(18) Voir OCDE, 2003. Nous remercions à ce titre D. Guellec et H. Dernis de l'OCDE pour les facilités d'accès aux données qu'ils nous ont accordé.

(19) Ce choix méthodologique n'est pas anodin. Il permet de faire le lien entre la nationalité du titulaire des droits et le lieu de l'invention. Un comptage fractionnaire est effectué en cas de nationalités multiples. Ainsi, une famille de brevets avec deux inventeurs allemands, trois français et un anglais sera comptée pour un tiers pour l'Allemagne, un demi pour la France et un sixième pour le Royaume-Uni.

(20) A contrario, prendre l'adresse du déposant comme critère de la nationalité aboutirait en particulier à une forte surestimation des performances des Pays-Bas (les brevets issus de la R & D de *Philips* dans le monde entier seront considérés comme néerlandais), de la Finlande (*Nokia*) et de la Suisse (groupes pharmaceutiques, *Nestlé*). Ce point a bénéficié des commentaires de D. Deberdt de l'INPI.

(21) La seule date dont la signification est claire d'un point de vue technologique ou économique est la date de priorité. Elle est en effet la plus proche de la date de l'invention.

(22) Ce point a bénéficié des commentaires de D. Deberdt de l'INPI.

(23) Cf. OCDE, Manuel de Frascati, p. 24., 2002.

(24) Cette forte hétérogénéité concerne notamment les États membres de l'Union européenne. Ces derniers et les pays associés comme la Norvège,



l'Islande et la Suisse sont désignés comme pays européens dans ce qui suit.

(25) "Le sursaut", rapport Camdessus, La Documentation française, 2004.

(26) En 2002, les 100 entreprises les plus importantes en terme de dépenses de R & D ont réalisé 66 % des travaux de R & D, ont employé 55 % des chercheurs et 56 % des effectifs totaux de recherche. 13 groupes français ont représenté à eux seuls la moitié des dépenses de recherche des entreprises (source : MENESR-DEP B3).

(27) UE-185, Japon-153 et États-Unis-288 réfèrent respectivement aux 185 entreprises européennes, 153 entreprises japonaises et 288 entreprises américaines ayant un budget de R & D au moins supérieur à 51,6 millions d'euros.

(28)  $IT = R \& D / \text{ratio de vente}$  calculé en utilisant les secteurs des groupes 1 à 5.

(29) Voir à ce sujet les remarques déjà formulées quant au choix de cette proxy-variable.

(30) Sous réserve qu'aucun brevet ne peut être obtenu, c'est-à-dire  $f(0) = 0$ .